Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2013

PERBAIKAN PANEL-PANEL BODI

UNTUK SMK/MAK XI

HALAMAN FRANCIS

Penulis : **ANTENG / WIBOWO**

Editor Materi : **I KETUT S**

Editor Bahasa :

Ilustrasi Sampul :

Desain & Ilustrasi Buku : **PPPPTK BOE MALANG**

Pusat Pengembangan & Pemberdayaan Pendidik & Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif & Elektronika:

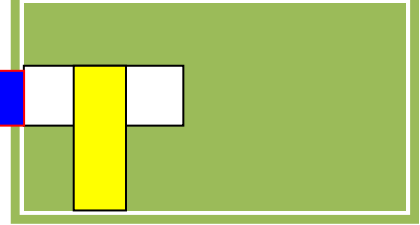
Jl. Teluk Mandar, Arjosari Tromol Pos 5, Malang 65102, Telp. (0341) 491239, (0341) 495849, Fax. (0341) 491342, Surel: vedcmalang@vedcmalang.or.id, Laman: www.vedcmalang.com

DISKLAIMER (*DISCLAIMER*)

Penerbit tidak menjamin kebenaran dan keakuratan isi/informasi yang tertulis di dalam buku tek ini. Kebenaran dan keakuratan isi/informasi merupakan tanggung jawab dan wewenang dari penulis.

Penerbit tidak bertanggung jawab dan tidak melayani terhadap semua komentar apapun yang ada didalam buku teks ini. Setiap komentar yang tercantum untuk tujuan perbaikan isi adalah tanggung jawab dari masing-masing penulis.

Setiap kutipan yang ada di dalam buku teks akan dicantumkan sumbernya dan penerbit tidak bertanggung jawab terhadap isi dari kutipan tersebut. Kebenaran keakuratan isi kutipan tetap menjadi tanggung jawab dan hak diberikan pada penulis dan pemilik asli. Penulis bertanggung jawab penuh terhadap setiap perawatan (perbaikan) dalam menyusun informasi dan bahan dalam buku teks ini.

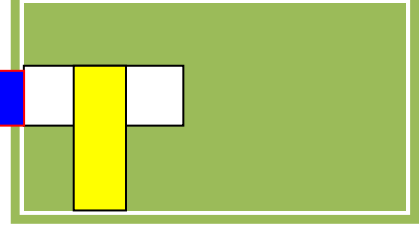
Penerbit tidak bertanggung jawab atas kerugian, kerusakan atau ketidaknyamanan yang disebabkan sebagai akibat dari ketidakjelasan, ketidaktepatan atau kesalahan didalam menyusun makna kalimat didalam buku teks ini.

Kewenangan Penerbit hanya sebatas memindahkan atau menerbitkan mempublikasi, mencetak, memegang dan memproses data sesuai dengan undang-undang yang berkaitan dengan perlindungan data.

Katalog Dalam Terbitan (KDT)
Teknik Body Repair Edisi Pertama 2013
Kementerian Pendidikan & Kebudayaan
Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan, th. 2013: Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas tersusunnya buku teks ini, dengan harapan dapat digunakan sebagai buku teks untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa Program Keahlian Teknik Body Repair

Penerapan kurikulum 2013 mengacu pada paradigma belajar kurikulum abad 21 menyebabkan terjadinya perubahan, yakni dari pengajaran (*teaching*) menjadi BELAJAR (*learning*), dari pembelajaran yang berpusat kepada guru (*teachers-centered*) menjadi pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik (*student-centered*), dari pembelajaran pasif (*pasive learning*) ke cara belajar peserta didik aktif (*active learning-CBSA*) atau *Student Active Learning-SAL*.
Buku teks ″Teknik Kelistrikan Kendaraan Ringan″ ini disusun berdasarkan tuntutan paradigma pengajaran dan pembelajaran kurikulum 2013 diselaraskan berdasarkan pendekatan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan belajar kurikulum abad 21, yaitu pendekatan model pembelajaran berbasis peningkatan keterampilan proses sains.

Penyajian buku teks untuk Mata Pelajaran ″ Teknik Kelistrikan Kendaraan Ringan ″ ini disusun dengan tujuan agar supaya peserta didik dapat melakukan proses pencarian pengetahuan berkenaan dengan materi pelajaran melalui berbagai aktivitas proses sains sebagaimana dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan eksperimen ilmiah (penerapan scientifik), dengan demikian peserta didik diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan nilai-nilai baru secara mandiri.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, dan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan menyampaikan terima kasih, sekaligus saran kritik demi kesempurnaan buku teks ini dan penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu terselesaikannya buku teks siswa untuk Mata Pelajaran Teknik Body Repair kelas XI/Semester 1 Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Jakarta, 12 Desember 2013
Menteri Pendidikan dan Kebudayaan

Prof. Dr. Mohammad Nuh, DEA

DAFTAR ISI

GLOSSARY

abrasive – bahan yang digunakan untuk memotong, menggrenda atau memoles logam

acetone – (aseton) cairan yang berwarna bening untuk mencairkan resin yang akan dibuat menjadi komponen fiberglass.

acrylic – bahan kimia jernih yang digunakan pada cat semprot dan memberi pengaruh mengkilap

adhesive – bahan perekat (lem)

aki – sumber listrik yang digunakan pada kendaraan untuk berbagai sistem kerja, seperti sistem pengapian, kelistrikan bodi, assesoris dan lainnya.

arm rest – komponen bodi otomotif sebagai penyangga (sandaran) lengan pada kendaraan, misalnya sandaran tangan pada kursi, juga pada door trim.

attachment – perangkat atau peralatan tambahan untuk mempermudah pekerjaan perbaikan kendaraan

auto stop – komponen yang berfungsi untuk menghentikan sistem kerja pada kendaraan pada kondisi tertentu.

axle – batang yang digunakan sebagai poros pada roda-roda kendaraan

belt – sabuk

bracket – konstruksi rangka yang digunakan untuk memasang komponen lainnya.

bumper arm – komponen penyangga bumper pada mobil (lengan) yang menghubungkan bumper kendaraan dengan rangka-chassis

bumper sub – sambungan bumper kendaraan, biasanya di bagian samping.

center pillar – bagian bodi kendaraan untuk menopang atap kendaraan, di sedan, digunakan untuk memisahkan pintu depan dan pintu belakang

chassis – rangka kendaraan yang digunakan sebagai menempelkan komponen yang lain.

clip – komponen pengunci untuk menempelkan komponen yang satu ke komponen yang lain, misal trim ke bodi kendaraan

cobalt - Cairan kimia berwarna kebiru-biruan sebagai bahan aktif pencampur katalis agar cepat kering, terutama apabila kualitas katalisnya kurang baik dan terlalu encer B2

coil – lilitan atau kumparan dari kabel seperti pada koil pengapian atau transformator.

cold soldering – menyatukan beberapa komponen dengan cara menempelkannya dengan .timah.

coloumn switch – panel yang berisi saklar-saklar pada kemudi digunakan untuk mengoperasikan berbagai sistem oleh pengemudi.

composite – konstruksi rangka kendaraan dimana antara bodi kendaraan dan rangkanya terpisah dan banyak digunakan pada kendaraan lama dan pangangkut beban seperti bus dan truck.

constant voltage relay – komponen yang mengatur pembatasan tegangan untuk keamanan dari sirkuit kelistrikan.

crane – alat yang digunakan untuk memindahkan komponen yang berat, biasanya menggunakan konsep hidrolik/dongkrak.

crank arm – komponen sistem kemudi sebagai lengan yang menempelkan batang-batang kemudi dengan rangka kendaraan.

Cutter – alat pemotong

dash panel – bagian bodi kendaraan bagian depan kendaraan yang memisahkan ruang mesin dengan ruang penumpang

deck lid – komponen bodi kendaraan sebagai tempat mengangkut barang (bagasi) di bagian belakang kendaraan.

distorsi – perubahan yang terjadi karena adanya pengaruh lain atau karena adanya perlakukan.

dolly – peralatan terbuat dari logam dengan bentuk dan ukuran bervariasi digunakan untuk melakukan perbaikan bodi kendaraan, seperti fender dan bodi lainnya

door regulator handle – alat untuk memutar kaca pintu pada kendaraan.

door trim – penutup pintu bagian dalam dari sebuah kendaraan, sekaligus sebagai pemanis atau hiasan dan difungsikan untuk menempelkan komponen-komponen lainnya.

epoxy – bahan untuk meratakan permukaan dari logam yang berbahan dasar plastik

ergonomi – suatu ilmu yang mempelajari kesesuaian antara alat bantu manusia dengan struktur tubuh manusia sehingga nyaman digunakan dan mengurangi kelelahan.

erosil – bahan seperti bedak putih, sebagai perekat mat agar fiberglass menjadi kuat dan tidak mudah patah/pecah

evaporator – pengubah panas dalam sistem AC yaitu merubah dari cair ke gas dan menyerap panas dari lingkungan sekitar B3

fading – perubahan warna dari aslinya sebagai akibat dari cuaca

fiberglass – bahan yang dibuat dari gabuangan beberapa zat kimia (bahan komposit) yang akan mengeras setelah waktu tertentu.

frame – struktur dari bodi kendaraan yang terbuat dari logam sebagai dudukan dari mesin, roda-roda, dan kabin

fuel gauge – alat (sensor) yang digunakan untuk mengukur jumlah bensin di dalam tanki

fuse – komponen yang didesain (dibuat) untuk membuka sirkuat kelistrikan ketika terjadi hubungan singkat untuk mencegah kebakaran

fusible link – komponen kelistrikan yang terdiri dari kabel yang mudah putus ketika dilalui oleh arus yang besar, berfungsi untuk keamanan apabila terjadi hubung singkat.

grease – bahan padat yang digunakan untuk memberikan pelumasan pada komponen-komponen kendaraan yang bergerak.

halogen – salah satu jenis lampu depan kendaraan yang memiliki sinar lebih terang dari pada lampu biasa.

handle – merupakan alat pemegang, bisa berfungsi untuk memegang alat-alat tangan atau komponen kendaraan yang berfungsi untuk membuka pintu kendaraan.

hard soldering– menyatukan beberapa komponen dengan cara memberikan perlakuan panas, sehingga kedua bahan mencair bersama untuk membuat ikatan., misal las

hardwood – merupakan komponen kendaraan yang terbuat dari bahan adonan kayu yang dipress sehingga menjadi keras.

head lights – lampu-lampu pada bagian kendaraan untuk memberikan sinar yang cerah di depan kendaraan

headlining – bagian kendaraan yang berfungsi sebagai hiasan atap kendaraan bagian alam atau plafon kendaraan.

hood – bagian dari bodi kendaraan yang dipasang di atas mesin sekaligus melindungi mesin

hydraulics – penggunaan zat cair bertekanan untuk memindahkan tenaga atau menaikkan tenaga

infra lamp – lampu infra untuk membantu proses pencampuran warna cat.

inside door handle – pegangan pintu bagian dalam dari kendaraan, juga berfungsi untuk membuka pintu dari arah dalam.

integral – konstruksi yang menyatu B4

jackstand – alat yang digunakan untuk menyangga kendaraan saat melakukan perbaikan dan dapat distel ketinggiannya.

junction block – komponen dari sirkuit kelistrikan yang berisi sambungan dari kabel baterai ke sistem-sistem lainnya.

katalis - cairan jernih dengan bau menyengat berfungsi sebagai pengering agar resin lebih cepat mengeras.

knuckle arm – komponen sistem kemudi yang berfungsi sebagai engsel yang menopang roda-roda depan agar tetap bisa dibelokkan.

laminated – bahan yang terbuat dari lembaran tipis

lid hange – gantungan dari lid (kap)

masking – bahan yang digunakan untuk menutup bodi kendaraan, biasanya melindungi bodi kendaraan yang tidak akan dicat.

mat - anyaman mirip kain (model anyaman halus/ kasar/ atau besar dan jarang-jarang berfungsi sebagai pelapis campuran/adonan dasar fiberglass, sehingga sewaktu unsur kimia tersebut bersenyawa dan mengeras.

metallurgi – ilmu yang mempelajari tentang logam atau metal

mirror – kaca spion untuk bodi kendaraan atau cairan kimia kebiruan menyerupai spiritus untuk melapis antara master mal/cetakan dengan bahan fiberglass agar tidak lengket dicetakannya.

monocoq – konstruksi rangka kendaraan dimana antara bodi kendaraan dan rangkanya menyatu dan banyak digunakan pada

kendaraan sedan.

moulding – komponen bodi kendaraan sebagai pelindung bodi kendaraan, misal moulding pada pintu, melindungi pintu dari goresan ketika dibuka.

mounting bolt – baut dudukan mesin

packing – bahan yang digunakan untuk menempelkan komponen yang satu dengan lainnya terbuat dari kertas atau kertas khusus.

pigment – zat yang digunakan untuk memberikan warna pada bahan lain, seperti cat atau fiberglass.

polisher – alat yang digunakan untuk memoles bodi kendaraan yang digerakkan oleh motor listrik

polyurethena – bahan membuat busa pada kursi kendaraan.

porous – proses pengeroposan dari plat bodi kendaraan.

power steering– sistem pegemudian yang menggunakan tekanan hidrolik untuk meringankan kerja pengemudi ketika akan membelok B5

putty – bahan tipis yang digunakan untuk mengisi permukaan yang tidak rata pada bodi kendaraan (dempul)

ram – silinder yang berisi piston yang digerkkan menggunakan tekanan oli/ hidrolik yang digunakan untuk memperbaiki rangka dan bodi kendaraan

refrigerant – cairan yang digunakan untuk menyerap panas pada sistem AC

regulator – pengatur

relay – komponen kelistrikan untuk memperpendek sirkuti kelistrikan dan memperkuat arus yang mengalir

relay block – kumpulan relay

relay rod – batang penyambung

repainting – pengecatan ulang

reserve masking – melaksanakan penutupan pada bagian bodi kendaraan untuk pengecatan dengan jalan melipat masking kearah dalam untuk menghindari membentuknya batas cat lama dengan cat baru.

resin - bahan berbentuk cairan kental seperti lem, berkelir hitam atau

bening yang berfungsi untuk mengencerkan semua bahan – bahan untuk membuat fiberglass

retainer – alat yang digunakan untuk menahan komponen lain, seperti kap mesin.

roof – atap kendaraan

rotary vane – jenis dari pompa yang memanfaatkan sirip-sirip (sudu), dan karena putaran menimbulkan gaya sentrifugal.

safety glass – kaca yang didesain untuk kendaraan yang memiliki sifat tidak membahayakan penumpang bila terjadi kecelakaan.

sander – mesin pengamplas yang digerakkan oleh listrik atau udara dengan gerakan lurus atau melingkar

sealed beam – lampu kendaraan yang terbungkus kaca tetap sehingga kalau bolamnya putus harus diganti sekalian rumahnya.

sealer – bahan kendaraan sebagai perekat komponen baik berbentuk cair ataupun padat.

shaft – poros

shielded metal arc welding/smaw – cara pengelasan busur nyala listrik dengan elektrode terbungkus B6

shim – lembaran tipis yang digunakan untuk memberikan ketebalan tertentu.

soldering – proses menempelkan beberapa komponen dengan cara memanaskannya

solvent – bahan kimia cair yang digunakan untuk mengencerkan cat

spot repainting – pengecatan sebagian pada bodi kendaraan yang cacat atau rusak, dan harus sama dengan warna secara keseluruhan.

spray booth – ruangan yang digunakan untuk melakukan pengecatan dilengkapi dengan cahaya dan ventilasi yang cukup

steering gear – roda-roda gigi yang terdapat pada rumah roda kemudi.

steering linkage – sambungan-sambungan dari sistem kemudi.

steering main shaft – batang utama kemudi.

steering shaft center – pusat batang kemudi kendaraan

steering wheel – roda kemudi untuk membelokkan kendaraan.

stream lining – permukaan bodi kendaraan yang dapat meminimalkan

hambatan sehingga mengurangi beban kendaraan

tack weld – melakukan pengelasan awal dengan jalan membuat las titik pada dua plat atau logam.

tensile strength – kekuatan tarik

thermistor – komponen yang berfungsi sebagai sensor dari sistem tertentu yang memiliki tahanan yang berubah-ubah tergantung panas.

tie rod – komponen sistem kemudi paling luar yang dekat dengan roda dan dapat distel untuk menentukan besarnya toe in/out.

tie root – batang yang menghubungkan pitman arm dan knuckle arm atau komponen yang menghubungkan roda depan kendaraan dengan mekanisme kemudi

tilt handle – pengatur ketinggian batang kemudi kendaraan.

track – penjejakan roda kendaraan

tubeless tire – roda kendaraan yang tidak memerlukan ban dalam.

vacuum – tekanan negatif di bawah tekanan udara atmosfer

vinil – bahan yang terbuat dari kain untuk interior kendaraan.

washer – alat yang digunakan untuk memompa air untuk membersihkan kaca ketika wiper dihidupkan B7

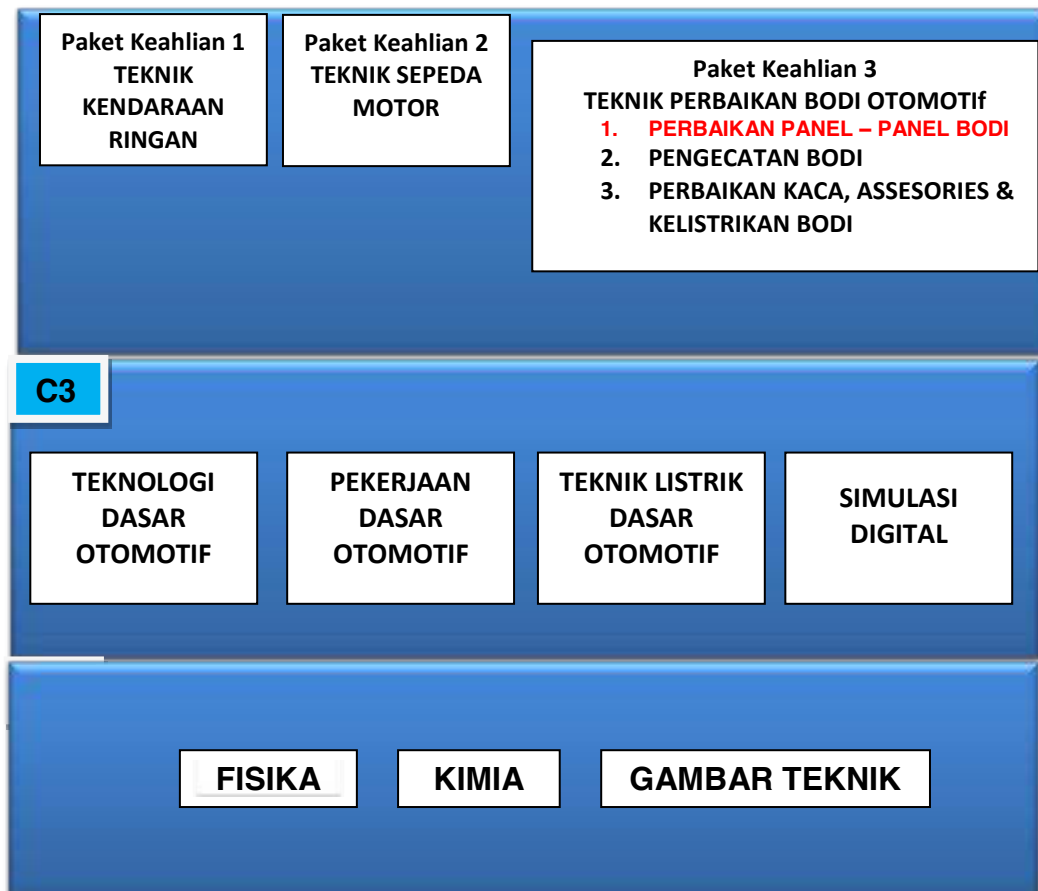
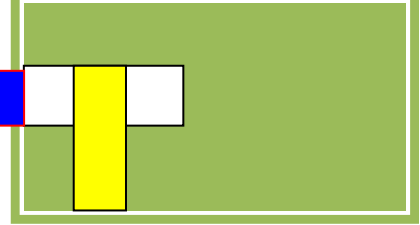
welding – proses menyambung beberapa logam dengan jalan menyatukannya dengan panas

winshield – kaca depan kendaraan

wiper – alat yang digunakan untuk membersihkan kaca kendaraan.

wiring harness – kumpulan dari kabel-kabel dalam kendaraan yang disatukan untuk mempermudah perawatan dan perbaikan serta terlihat rapi.

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR (BUKU)

BIDANG KEAHLIAN : TEKNOLOGI DAN REKAYASA
PROGRAM KEAHLIAN : OTOMOTIF
PAKET KEAHLIAN : TEKNIK PERBAIKAN BODI OTOMOTIF

BAB I
PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Buku Teks Bahan Ajar Siswa SMK Pengelasan Bodi Otomotif merupakan buku ke 3 dari 6 buku yang mendukung pencapaian kompetensi dalam paket keahlian Teknik Perbaikan Bodi Otomotif.

Buku Teks Bahan Ajar Siswa ini bertujuan memberi bekal pengetahuan dan keterampilan kepada peserta didik tentang Perbaikan Bodi dalam paket keahlian Teknik Perbaikan Bodi Otomotif. Ruang lingkup buku teks bahan ajar ini berkenaan dengan pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan dalam pekerjaan perbaikan bodi Otomotif yang meliputi ; Cara pengelasan dengan gas oxyacetylene(karbit) dan las titik,pengelasan CO2(MIG)dan las elektroda, pemanasan termal dan pemotongan termal,pengetokan panel cara hot & cold shrinking,perataan panel dengan bodi filler/dempul,pembentukan panel bodi, penambalan & perataan panel,pengelasan panel bodi sesuai bentuk aslinya, pelepasan panel pintu,perbaikan dan pemasangan sesuai buku manual.

B. Prasyarat

Untuk dapat mempelajari dan memahami buku teks bahan ajar ini peserta didik harus sudah mempunyai pengetahuan dan keterampilan dalam kompetensi perbaikan panel – panel bodi yang dipelajari pada semester sebelumnya. Kompetensi kompetensi yang harus sudah tercapai dalam materi perbaikan panel - panel bodi yang meliputi: pengelasan dengan las gas oxyacetylene, las CO2 (MIG) dan las listrik elektroda, pemanasan dan pemotongan dengan termal, standar kondisi kendaraan dan aksesoris, penentuan tindakan perbaikan kerusakan komponen bodi, prosedur perbaikan kerusakan dan pengantian komponen, mengkalkulasi biaya perbaikan, pengetokan panel dengan cara hot dan cold shrinking, penyelesaian akhir hingga siap diratakan dengan dempul, perataan permukaan dengan dempul, penambalan panel dengan pengelasan, pembuatan panel bodi penganti dan perbaikan atau pengantian panel pintu.

C. Petunjuk Penggunaan

Buku Teks Bahan Ajar Siswa SMK ini menggunakan system Pendidikan Berbasis Kompetensi. Pendidikan berbasis kompetensi adalah pendidikan yang memperhatikan kemampuan, keterampilan dan sikap yang diperlukan di tempat kerja agar dapat melakukan pekerjaan dengan kompeten. Penekanan utamanya adalah pada apa yang dapat dilakukan seseorang setelah mengikuti pembelajaran. Salah satu karakteristik yang paling penting dari pembelajaran berbasis kompetensi adalah penguasaan individu terhadap bidang pengetahuan dan kerampilan tertentu secara nyata di tempat kerja.

Dalam pembelajarn berbasis kompetensi, fokusnya adalah pada pencapaian kompetensi dan bukan pada pencapaian atau pemenuhan waktu tertentu. Dengan demikian maka dimungkinkan setiap siswa memerlukan atau menghabiskan waktu yang berbeda-beda dalam mempelajari buku teks bahan ajar siswa guna mencapai suatu kompetensi tertentu.

Setelah siswa selesai mempelajari setiap kegiatan belajar dalam satu kompetensi dasar, kemudian dilakukan evaluasi dan uji kompetensi, ternyata belum mencapai tingkat kompetensi tertentu pada kesempatan pertama, maka guru akan mengatur rencana bersama siswa untuk mempelajari dan memberikan kesempatan kembali kepada siswa tersebut untuk meningkatkan level kompetensi sesuai dengan level tertentu yang diperlukan. Kesempatan mengulang yang disarankan maksimal tiga kali.

D. Tujuan Akhir

Setelah siswa mempelajari dan memahami materi dalam modul ini, dengan melalui proses evaluasi baik pengetahuan maupun keterampilan, diharapkan siswa dapat dan berkompeten dalam melakukan pekerjaan perbaikan bodi mobil sesuai standar industri. Kompetensi perbaikan bodi mobil ini meliputi kompetensi penggunaan alat dan bahan yang akan dilakukan perbaikan bodi.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1 Meyakini bahwa lingkungan alam sebagai anugerah Tuhan harus dijaga kelestariannya. 1.2 Pengembangan dan penggunaan teknologi harus selaras dan tidak menimbulkan kerusakan dan pencemaran bagi alam, lingkungan dan manusia..
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli(gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsive dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sabagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	2.1 Menunjukkan sikap cermat dan teliti dalam memahami prosedur penggunaan *“masking”* 2.2 Menunjukkan sikap cermat dan teliti dalam memahami pekerjaan pengecatan ulang 2.3 Menunjukkan sikap cermat dan teliti dalam memahami penggunaan bahan “vernies” untuk penyelesaian akhir 2.4 Menunjukkan sikap cermat dan teliti dalam memahami pekerjaan perbaikan kecil cat (*spot repair*) 2.5 Menunjukkan sikap disiplin dan tanggung jawab dalam mengikuti langkah-langkah pengecatan bodi sesuai dengan SOP 2.6 Menunjukkan sikap peduli terhadap lingkungan melalui kegiatan yang berhubungan dengan pengecatan bodi.
3. Memahami dan menerapkan pengetahuan factual, konseptual, dan prosedural dalam ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1. Menjelaskan cara pengelasan gas oxy-acetylene (karbit) dan las titik 3.2. Menjelaskan cara pengelasan CO2 (MIG) dan las elektroda secara manual 3.3. Menjelaskan cara pemanasan termal 3.4. Menjelaskan cara pemotongan termal 3.5. Menjelaskan standar kondisi kendaraan dan aksesoris 3.6. Menjelaskan penentuan tindakan perbaikan kerusakan komponen kendaraan 3.7. Menjelaskan prosedur perbaikan kerusakan dan penggantian komponen 3.8. Menjelaskan cara mengkalkulasi biaya perbaikan sesuai tingkat kerusakan

	3.9. Menjelaskan cara identifikasi panel/komponen bodi yang akan diperbaiki berdasarkan buku manual 3.10. Menjelaskan cara pengetokan panel dengan cara hot dan cold shrinking 3.11. Menjelaskan cara metal finish pada panel hingga siap dilakukan perataan dengan dempul.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	4.1 Melaksanakan cara pengelasan gas oxy-acetylene (karbit) dan las titik sesuai SOP 4.2 Melaksanakan pengelasan CO2 (MIG) dan las elektroda secara manual sesuai SOP 4.3 Melaksanakan pemanasan termal sesuai SOP 4.4 Melaksanakan pemotongan termal sesuai SOP 4.5 Memeriksa kondisi kendaraan dan aksesorisnya sesuai buku manual. 4.6 Melaksanakan pemeriksaan kerusakan komponen kendaraan untuk penentuan tindakan perbaikan . 4.7 Menentukan prosedur perbaikan dan penggantian secara tertulis 4.8 Menentukan biaya perbaikan sesuai tingkat kerusakan. 4.9 Melaksanakan identifikasi panel / komponen bodi yang akan diperbaiki berdasarkan buku manual 4.10 Melaksanakan pengetokan panel dengan cara hot dan cold shrinking sesuai SOP 4.11 Melaksanakan metal finish pada panel hingga siap dilakukan perataan dengan dempul

F. Cek Kemampuan Awal

Gunakan table berikut ini untuk mengukur apakah Anda (siswa) telah memahami keseluruhan materi pembelajaran dalam buku teks bahan ajar Perbaikan Panel – panel Bodi yang merujuk kepada Kriteria Unjuk Kerja yang diperlukan sebagai persyaratan untuk mencapai kompetensi yang didapat dalam buku teks bahan ajar Perbaikan Bodi

Elemen	Kriteria Unjuk Kerja	Ya	Tidak	Keterangan

BAB II
PEMBELAJARAN

A. DESKRIPSI

Kompetensi keseluruhan yang diharapkan dari buku teks bahan ajar siswa SMK ini adalah “Perbaikan Bodi Kendaraan”, sub kompetensi yang terdapat dalam buku teks bahan ajar siswa SMK ini adalah : Cara pengelasan gas oxyacetylene(karbit) dan las titik, cara pengelasan CO2 (MIG) dan las elektroda secara manual,cara pemanasan termal dan pemotongan termal,identifikasi standar kondisi kendaraan dan aksesoris,penentuan tindakan perbaikan kerusakan komponen kendaraan,prosedur perbaikan perbaikan kerusakan dan penggantian komponen,cara mengkalkulasi biaya perbaikan sesuai tingkat kerusakan,cara identifikasi panel/komponen bodi yang akan diperbaiki sesuai
Sesuai buku manual,cara pengetokan pengetokan panel dengan cara hot dan cold shrinking,cara metal finish pada panel hingga siap dilakukan perataan dengan dempul. Buku teks bahan ajar ini terdiri dari sepuluh kegiatan belajar. Kegiatan belajar 1 Menjelaskan cara pengelasan gas oxyacetylene(karbit)dan las titik ,melaksanakan pengelasan gas oxyacetelene (karbit) dan las titik sesuai SOP.Kegiatan belajar 2 Menjelaskan cara pengelasan CO2(MIG)dan las elektroda secara manual,melaksanakan pengelasan las CO2(MIG) dan las elektroda secara manual sesuai SOP. Kegiatan belajar 3 Menjelaskan cara pemanasan termal,melaksanakan cara pemanasan termal sesuai SOP. Kegiatan 4 Menjelaskan cara pemotongan termal dan melaksanakan pemotongan termal sesuai SOP.Kegiatan 5 menjelaskan standar kondisi kendaraan dan aksesoris,memeriksa kondisi kendaraan dan aksesorisnya sesuai buku manual.Kegiatan 6 menjelaskan penentuan tindakan perbaikan kerusakan komponen kendaraan,melaksanakan pemeriksaan kerusakan komponen kendaraan untuk penentuan tindakan perbaikan.Kegiatan 7 menjelaskan prosedur perbaikan kerusakan dan penggantian komponen, menentukan prosedur perbaikan dan penggantian secara tertulis. Kegiatan 8 menjelaskan cara mengkalkulasi biaya perbaikan sesuai tingkat kerusakan, menentukan biaya perbaikan sesuai tingkat kerusakan yang akan diperbaiki berdasarkan buku manual, Melaksanakan identifikasi panel / komponen bodi yang akan diperbaiki berdasarkan buku manual. Kegiatan 9 Menjelaskan cara

pengetokan panel dengan cara hot dan cold shrinking, melalaksanakan pengetokan panel dengan cara hot dan cold shrinking sesuai SOP. Kegiatan 10 Menjelaskan cara metal finish pada panel hingga siap dilakukan perataan dengan dempul,melaksanakan metal finish pada panel hingga siap dilakukan perataan dengan dempul.

B. KEGIATAN BELAJAR

A. Kegiatan belajar 1

a.Tujuan pembelajaran

Setelah siswa membaca/mempelajari buku ini,diharapkan dapat :

- Menjelaskan prinsip dan karakteristik Las Oxyacetylene.
- Menjelaskan acetylene.
- Menjelaskan oksigen.
- Menjelaskan Api Oxyacetylene.
- Menjelaskan peralatan Las Oxyacetylene.
- Menjelaskan bahan tambah.
- Menjelaskan prosedur pengelasan dengan Oxyacetylene.
- Menjelaskan prinsip dan karakteristik las titik.
- Menjelasan kondisi-kondisi pengelasan.
- Menjelaskan peralatan las titik.
- Menjelaskan pengelasan dengan las titik.
- Menjelaskan keselamatan kerja dalam pengelasan gas oxy-acetylene (karbid) dan las titik.

b. Uraian materi

Pengelasan oxyacetylene (karbit) dan las titik.

Prinsip dan karakteristik las oxyacetylene.

Kata “las”diartikan sebagai proses penyambungan logam atau paduan logam dalam keadaan lumer atau cair.untuk mencairkan bagian logam/ paduan logam yang akan disambung tersebut dengan menggunakan panas. Dengan demikian mengelas merupakan kegiatan untuk memadukan bagian dua buah logam atau lebih dengan menggunakan

energy panas dan melebur bersama untuk membentuk bangun suatu bentuk yang dimaksudkan.Pengelasan pada umumnya dibagi kedalam tiga type:Las tekan,las lebur dan las kuningan/solder (pressure,fusion and braz welding).masing-masing type ini lebih lanjut dibagi lagi menjadi macam-macam metode seperti disebutkan dibawah ini.

● **Las Tekan (Pressure Welding)**

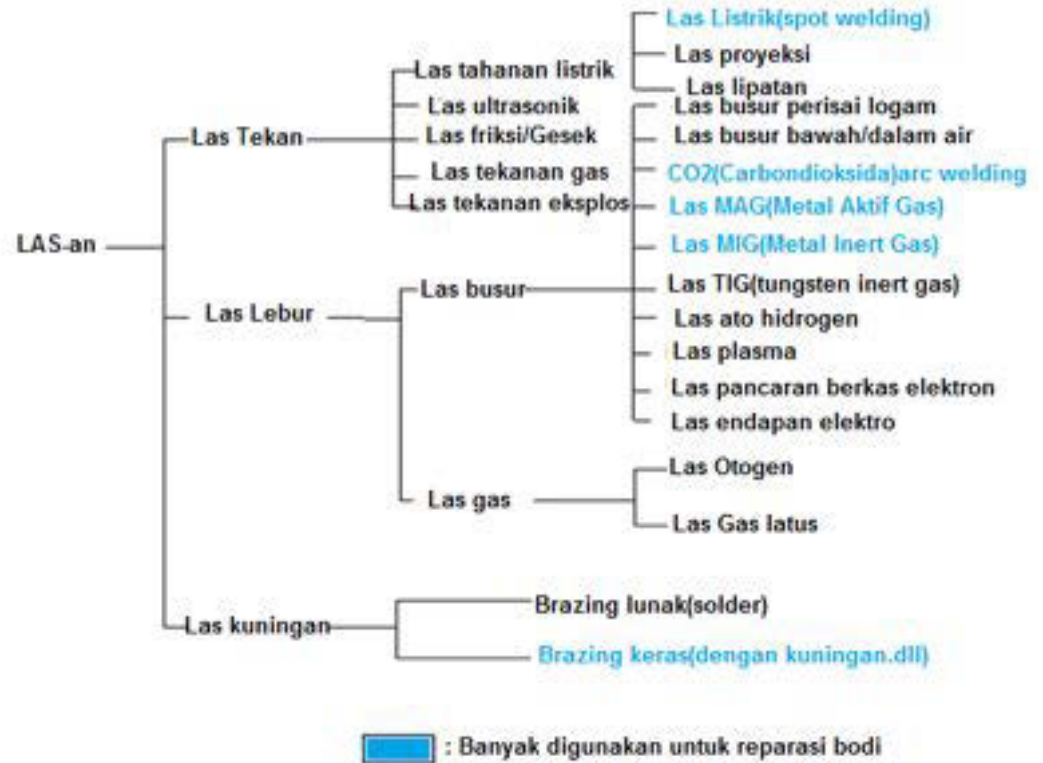
Dalam hal ini,panas diberikan pada lempengan logam dan menjadi lunak,tekanan dilakukan untuk menyambung lempengan/pelat bersamaan,satu type dari las tekan adalah las tahanan listrik, yang sangat diperlukan dalam pabrik perakitan dan reparasi kendaraan-kendaraan.

● **Las Lebur (Fusion Welding)**

Dalam hal ini,lempengan/pelat logam yang akan disambung dipanaskan dahulu sampai lebur/lumer bersamaan tanpa sedikitpun menggunakan tekanan. Metode pemanasan yang dipergunakan adalah las busur cahaya dan gas (arc and gas welding).

● **Las Kuningan/Solder (Braze Welding)**

Sebagai ganti peleburan lempengan logam dengan melumerkanya, metode ini mencakup penyambungan pelat logam dengan meleburkan (melting) suatu logam (logam pengisi) yang titik leburnya lebih rendah. Metode ini disebut las kuningan keras,tergantung pada suhu logam pengisi yang digunakan.

Disebut “kuningan lunak”jika titik lebur bahan logam pengisi yang dipakai dibawah suhu 450°C (840°F), dan “kuningan keras” jika suhu tersebut lebih dari 450°C (840°F).

Pengelasan banyak digunakan dalam prakteknya disemua industry dan juga menjadi sangat diperlukan pada reparasi bodi kendaraan. Karakteristik utama pengelasan diperlihatkan dibawah ini:

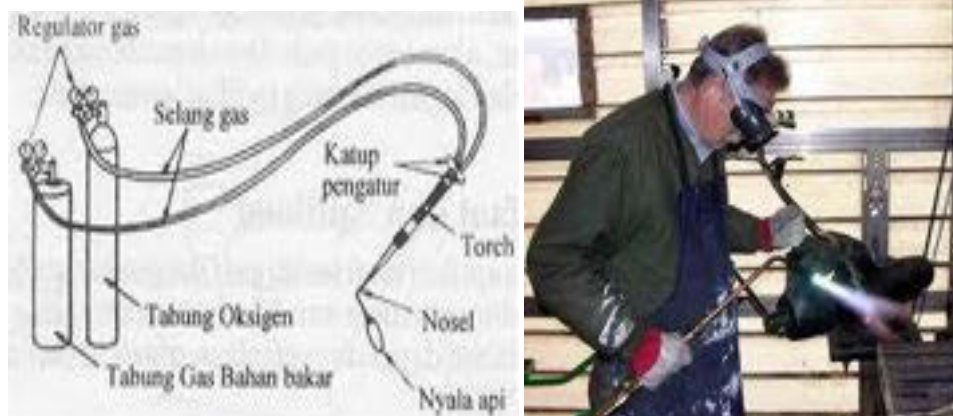
- Mampu mengerjakan potongan/satuan dari macam-macam bentuk dan membangun bentuk tersebut menjadi sambungan yang kokoh dan terpadu dengan baik.
- Berat dikurangi.
- Membentuk kerapatan terhadap udara dan air yang tinggi.
- Meningkatkan efisiensi produksi.
- Kekuatan sambungan dipengaruhi oleh keahlian diri si pengelas.
- Panel-panel disekeliling akan menjadi rusak bila terlalu banyak panas yang digunakan.

LAS OXY-ACETYLENE

Las Oxy-Acetylene (las asetilin) adalah proses pengelasan secara manual, dimana permukaan yang akan disambung mengalami pemanasan sampai mencair oleh nyala (flame) gas asetilin (yaitu pembakaran C2H2 dengan O2), dengan atau tanpa logam pengisi, dimana proses penyambungan tanpa penekanan.

Disamping untuk keperluan pengelasan (penyambungan) las gas dapat juga dipergunakan sebagai : preheating, brazing, cutting dan hard facing. Penggunaan untuk produksi (production welding), pekerjaan lapangan (field work), dan reparasi (repair & maintenance).

Dalam aplikasi hasilnya sangat memuaskan untuk pengelasan baja karbon, terutama lembaran logam (sheet metal) dan pipa-pipa berdinding tipis. Meskipun demikian hampir semua jenis logam ferrous dan non ferrous dapat dilas dengan las gas, baik dengan atau tanpa bahan tambah (filler metal).

Disamping gas acetylene dipakai juga gas-gas hydrogen, gas alam, propane, untuk logam–logam dengan titik cair rendah. Pada proses pembakaran gas-gas tersebut diperlukan adanya oxygen. Oxygen ini didapatkan dari udara dimana udara sendiri mengandung oxygen (21%), juga mengandung nitrogen (78%), argon (0,9 %), neon, hydrogen, carbon dioksida, dan unsur lain yang membentuk gas.

Gambar Las oxyacetylene

Acetylene

Acetylene adalah gas tidak berwarna dengan komposisi unsure hidrogen (7,7%) dan karbon (92,3%). Gas ini termasuk salah satu dari kelompok zat yang hanya mengandung unsur hidrogen (H_2) dan karbon(C). *Acetylene* harus diperlakukan secara hati-hati karena termasuk gas yang mudah meledak bila bercampur dengan udara atau disimpan dalam tabung dengan tekanan lebih dari 15 psi (1,05 kg/cm_2). Pada tekanan 28 psi (1,97 kg/cm_2) *acetylene* akan terurai menjadi karbon dan hidrogen.

Kondisi ini sangat sangat sensitif terhadap goncangan atau kejutan yang kecil sekalipun yang mengenai tabung, apalagi terdapat bunga api. Maka *acetylene* tidak boleh disimpan pada tekanan lebih dari 1,05 kg/cm_2. Gas *acetylene* sangat berbau (berbau tajam) bila bertemu dengan udara. Bau inilah yang dipakai sebagai tanda adanya *acetylene* di sekitar kita. Oleh karena itu harap waspada dan sensitif terhadap tanda adanya *acetylene* untuk menghindari bahaya kebakaran. Ingat, *acetylene* adalah gas yang sangat mudah terbakar.

Api *acetylene* menghasilkan panas cukup tinggi. Pada kondisi tertentu *acetylene* juga mudah meledak bila membentuk ikatan dengan tembaga, perak dan *mercury*. Oleh karena itu *acetylene* hendaknya dijauhkan dari adanya konsentrasi unsur tersebut.

Beberapa aspek terkait bahan bakar gas untuk mengelas, yaitu : (a) suhu api yang dihasilkan, (b) kecepatan pembakaran, (c) intensitas
panas pembakaran, dan (d) gas hasil reaksinya dengan oksigen (gas hasil pembakaran).

Suhu api yang dihasilkan Suhu api yang dihasilkan adalah sifat fisis yang ditentukan oleh perbandingan bahan bakar dan oksigen disamping panas kalor yang dimiliki bahan bakar tersebut. Dalam pengelasan suhu api yang dibutuhkan adalah api netral. Suhu yang lebih tinggi sebenarnya dapat diperoleh melalui api *carburizing* maupun *oxidizing*. Namun api *carburizing* maupun *oxidizing* biasanya tidak dikehendaki karena gas hasil reaksinya dengan oksigen (gas hasil pembakaran) dapat mempengaruhi kualitas pengelasan.

Kecepatan Pembakaran Kecepatan pembakaran merupakan sifat yang dimiliki gas dan menentukan panas yang dihasilkan. Pada proses pengelasan, kecepatan panas sangat berpengaruh terhadap pemanasan benda kerja.

Kecepatan pembakaran adalah perpindahan api dari ujung pembakar ke permukaan benda kerja melewati gas yang belum terbakar dan tidak menimbulkan nyala balik. Kecepatan pembakaran sangat dipengaruhi oleh proporsi campuran bahan bakar dengan oksigen sebagai zat pembakar.Intensitas Pembakaran Suhu api dan nilai kalor telah digunakan sebagai kriteria bahan bakar namun sebenarnya belum menggambarkan panas yang sebenarnya. Intensitas pembakar-an memperhitungkan kedua aspek tersebut tetapi masih ditambah besarnya volume api yang keluar dari pembakar. Intensitas pembakaran akan maksimum bila kecepatan pembakaran dan nilai kalor maksimum. Intensitas pembakaran ini terjadi pada reaksi primer maupun sekunder.

Intensitas pembakaran primer berada pada dekat moncong brander dan merupakan api inti yang diarahkan pada benda kerja. Api inti merupakan sumber utama panas pengelasan, sedangkan pembakaran sekunder merupakan pemanasan awal daerah las berikutnya.

Berdasarkan uraian di atas dapat diketahui bahwa *acetylene* merupakan bahan bakar yang paling baik untuk las gas. Suhu api yang dihasilkan relatif tinggi, pembakaran berlangsung relatif cepat dengan intensitas cukup tinggi dan hasil reaksinya dengan oksigen (gas hasil pembakaran) adalah karbon dioksida dan zat air, yang merupakan gas atau zat yang tidak berbahaya bagi pengelas dan juga tidak reaktif terhadap benda kerja. Beberapa gas lain yang telah disebut di atas secara prinsip dapat dipakai sebagai bahan bakar las gas, namun panasnya lebih rendah dari *acetylene* sehingga lebih sesuai digunakan untuk pemanasan awal, akhir ataupun pemotong *Oxy-gas,* namun gas-gas tersebut belakangan ini sudah sangat jarang digunakan.

Sering dijumpai gas acetylene yang sudah dikemas dalam tabung oleh pabrik diganti dengan sebuah tabung/generator yang didalamnya diisi oleh karbit (carbide).kebanyakan orang menggunakan acetylene dari karbit(carbide) hanya beranggapan untuk menekan biaya produksi.namun ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dan diperhitungkan jika menggunakan gas acetylene dari karbit,salah satunya kestabilan apinya.

Acetylene diproduksi dengan cara mereaksikan bahan baku *calcium carbide* dengan air($CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$). Alat yang digunakan untuk memproduksi *acetylene* adalah generator *acetylene*.

Proses kerja generator relatif sederhana, yaitu mempertemukan *calcium carbide* dengan air secara proporsional sesuai dengan kebutuhan gas *acetylene*. Pertemuan air dengan *calcium carbide* segera diikuti reaksi yang menghasilkan gas *acetylene* yang ditampung dalam generator sebelum dipakai.

Generator-generator portabel bisanya digunakan untuk memproduksi *acetylene* dengan kapasitas kecil dan dapat dipakai langsung untuk melayani satu atau dua pembakar. Untuk memproduksi *acetylene* secara besar yang ditampung dengan tekanan tinggi dan didistribusikan dalam tabung, diperlukan generator tekanan tinggi berkapasitas besar yang *stationer* (menetap) seperti gambar di bawah ini.

Gambar Tabung pembuat gas acytelene dari karbit

Oksigen

Oksigen diperlukan untuk setiap proses pembakaran, termasuk juga pada las *oxy-acetylene*. Oksigen murni digunakan agar pembakaran berlangsung cepat, sempurna dan gas yang dihasilkan lebih terkontrol sehingga tidak mempengaruhi kualitas lasan. Pembakaran yang cepat dan sempurna akan menghasilkan suhu maksimum sehingga pengelasan berlangsung cepat. Unsur-unsur dalam udara tersebut dipisahkan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Misal udara mendidih pada suhu 182,77$_{o}$C. Udara yang sudah dipisahkan disimpan pada suhu 195,55$_{o}$C.

Pemisahan udara tidak saja menghasilkan oksigen, tetapi juga beberapa gas lain yang diperlukan pada proses pengelasan lain yaitu :

Karbon dioksida*, argon,* dan *helium*. Gas tersebut dipakai untuk gas pelindung pada las busur elektroda tidak terbungkus.

Api *Oxy-acetylene*

Komponen utama las *Oxy-acetylene* adalah api *Oxy-acetylene* sehingga las ini sering disebut las api. Kualitas api sangat berpengaruh terhadap lasan. Secara teoritis, pembakaran sempurna *acetylene* berlangsung menurut reaksi kimia sebagai berikut. $C_2H_2 + 2,5O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O$.

Berdasarkan persamaan reaksi di atas diketahui bahwa 1 volume *acetylene* memerlukan 2,5 volume oksigen dan dari pembakaran dihasilkan 2 volume karbon dioksida dan 1 volume zat air (uap air).

Dalam kenyataan reaksi tersebut tidak berlangsung sekali tetapi terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama (reaksi primer), terjadi nyala inti dengan persamaan reaksi sebagai berikut. $C_2H_2 + O_2 \rightarrow 2CO + H_2O$.

Berdasar persamaan tersebut diketahui bahwa 1 volume *acetylene* memerlukan hanya 1 volume oksigen. Oksigen ini diperoleh dari tabung oksigen.

Hasil reaksi primer adalah 2 volume karbonmonoksida dan 1 volume hidrogen serta panas sebesar 19 MJ/m3 (507 Btu/ft3). Panas tersebut diperoleh dari penguraian *acetylene* dan oksidasi karbon yang berasal dari *acetylene* yang terurai.

Gambar. Proses terbentuknya nyala *oxy-acetylene*

Nyala inti tersebut relatif kecil, bersinar terang berwarna kebirubiruan. Nyala inilah yang menghasilkan panas cukup tinggi yang diperlukan untuk pengelasan. Jika semua karbon yang terurai pada tahap pertama habis terbakar, kondisi itu dinyatakan api netral. Tidak ada unsure karbon yang lepas dan bereaksi dengan benda kerja.

Reaksi tahap kedua terjadi di luar kelopak nyala inti. Pada tahap kedua ini karbonmonoksida dan hidrogen hasil reaksi tahap pertama terbakar oleh oksigen dari udara bebas menghasilkan karbon dioksida dan uap air seperti persamaan di bawah ini.

$2\,CO + \frac{3}{4}\,H_2 + 1{,}5\,O_2 \rightarrow 2\,CO_2 + H_2O$ Panas yang dihasilkan dari reaksi kedua ini sebenarnya lebih besar dari tahap pertama yaitu 36 MJ/m3 (963 Btu/ft3), namun karena kecepatan pembakaran rendah dan volumenya besar sehingga suhunya lebih rendah dibanding suhu nyala inti. Sebaliknya, nyala inti kecil tetapi kecepatan pembakaran jauh lebih tinggi disebabkan suplay oksigen murni dari tabung yang bertekanan, sehingga suhu lebih tinggi.

Gambar,Temperatur nyala api *oxy-acetylene*

Nyala api *Oxy-acetylene* dapat dikontrol dengan mudah memakai katup yang ada pada pembakar. Perubahan proporsi campuran oksigen dan *acetylene* yang mengalir ke ujung pembakar akan mengubah karakteristik kimiawi nyala inti yang akan mempengaruhi pencairan dan komposisi benda kerja. Berbagai kualitas api dapat diperoleh dengan mengubah besar-kecilnya pembukaan katup pada pembakar.

Gambar. Berbagai Bentuk Nyala Inti dan Karakteristiknya.

Berbagai macam api yang diperoleh dari berbagai proporsi campuran oksigen-*acetylene* tersebut secara garis besar dapat dibedakan menjadi tiga karakteristik, yaitu : (1) api *carburizing*, (2) api *oxidizing*, dan (3) api netral.

Api *Carburizing*

Api carburizing dihasilkan oleh campuran yang terlalu banyak *acetylene* atau kekurangan oksigen sehingga unsur karbon yang terurai pada tahap reaksi pertama tidak habis terbakar. Sebagai akibatnya sebagian unsur karbon tersebut akan masuk ke cairan benda kerja.

Setelah dingin benda kerja menjadi lebih keras dari semula. Kemungkinan lain, lasan retak sewaktu membeku karena tingginya unsur C. Api *carburizing* cocok untuk mengelas baja lunak kadar karbon rendah, untuk mengelas permukaan, membrasing, menyoldir dan las alumunium.

Ciri-ciri api *carburizing* dapat dikenali dari bentuk, dimensi dan warnanya. Pada api *carburizing*, ujung api inti tumpul. Api *carburizing* mempunyai api *acetylene* dan lidah api (api luar) yang semakin panjang dan berjelaga bila proporsi *acetylene* semakin besar.

Api *Oxidizing*

Api ini merupakan kebalikan dari api *carburizing*. Api *oxidizing* dihasilkan oleh campuran yang terlalu banyak oksigen atau kekurangan *acetylene*.

Sebagian oksigen murni yang berasal dari tabung tidak terserap oleh reaksi tahap pertama. Oksigen murni yang tidak terikat ini akan bereaksi dengan benda kerja, misal membakar sebagian unsur C dari benda kerja sehingga benda kerja

akan semakin lunak. Oksigen bebas juga dapat masuk ke dalam kawah lasan sehingga menim-bulkan keropos atau oksidasi. Ciri-ciri api *oxidizing* adalah api inti berbentuk runcing dan pendek. Api *acetylene* hampir tidak terlihat, dan lidah apinya pendek. Api *oxidizing* mengeluarkan suara gemerisik (mendesis). Api *oxidizing* cocok digunakan untuk pengerjaan pemotongan logam.

Api Netral

Api netral dihasilkan oleh campuran seimbang, 1 : 1 antara oksigen dan *acetylene* seperti yang dibutuhkan pada reaksi tahap pertama. Semua uncur C yang terurai pada tahap pertama habis terbakar olehoksigen pada tahap pertama, tetapi juga tidak ada oksigen yang bebas.

Api netral tidak mempunyai api *acetylene*, tidak berjelaga, tidak berdesis tetapi ujungnya tidak runcing. Bila diperhatikan secara seksama (memakai kacamata las), terlihat sedikit kelopak di sekitar api inti.

Api netral merupakan api yang diharapkan untuk digunakan mengelas hampir semua jenis bahan logam, kecuali yang telah disebut pada api *carburizing* dan *oxidizing,* serta bahan tertentu yang sensitif terhadap gas *acetylene* atau gas hasil reaksinya dengan oksigen, misalnya titanium. Hal ini disebabkan api netral tidak akan menambah ataupun mengurangi unsur C atau unsur lain ke dalam benda kerja.

Gambar model Api *Carburizin*

Gambar model Api *Oxidizing*

Gambar model Api Netral

Peralatan Las Oxy*acetylene*

Generator/tabung *acetylene* digunakan untuk memproduksi gas *acetylene* dengan bahan baku *calcium carbide* yang direaksikan dengan air. Pemakaian generator untuk memproduksi *acetylene* dapat menekan biaya operasional dibandingkan dengan memakai *acetylene* dalam tabung.

Keterbatasan yang dijumpai adalah tekanan *acetylene* yang lebih labil dibandingkan menggunakan tabung. Disamping itu memerlukan operator dan waktu tersendiri untuk mengoperasikannya. Biaya operasional menjadi tidak jauh berbeda bila operator kurang memperhatikan volume bahan baku yang dimasukkan ke dalam generator dengan volume pekerjaan yang akan dilaksanakan pada hari yang sama karena dianjurkan tidak meninggalkan generator/tabung yang berisi dalam waktu lama,misalnya semalam.

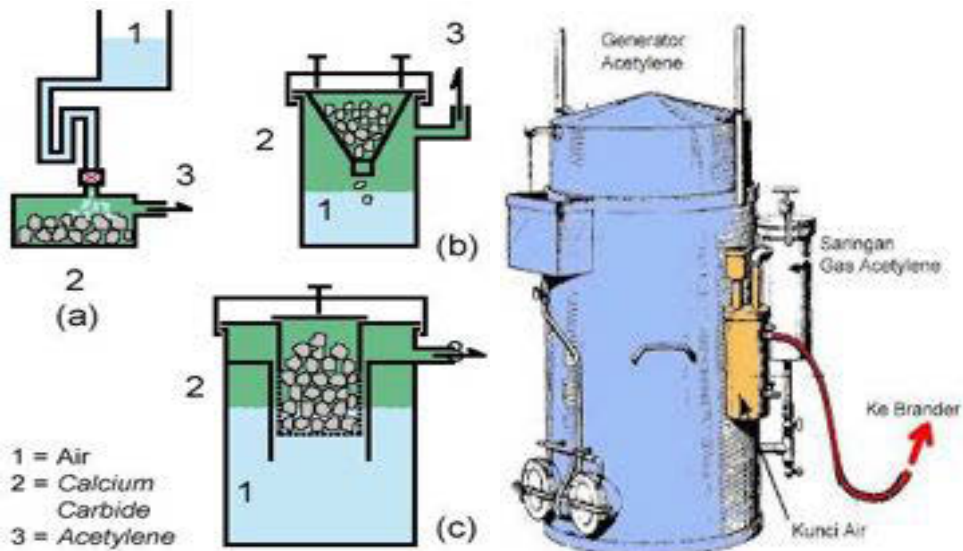
Ditinjau dari segi keselamatan kerja, pemakaian generator memerlukan perlakuan yang lebih hati-hati daripada *acetylene* dalam tabung. Walaupun begitu, generator *acetylene* masih banyak dipakai di negara berkembang seperti Indonesia karena alasan distribusi *acetylene* tabung masih belum lancar dan merata, khususnya untuk daerah yang jauh dari industri *acetylene* atau daerah terpencil yang sarana transportasinya masih terbatas.

Proses kerja generator relatif sederhana, yaitu mempertemukan *calcium carbide* dengan air secara proporsional sesuai dengan kebutuhan gas *acetylene*. Pertemuan air dengan *calcium carbide* segera diikuti reaksi yang menghasilkan gas *acetylene* yang ditampung dalam generator sebelum dipakai.

Ditinjau dari sistem bertemunya air dengan *calcium carbide*, generator dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu :

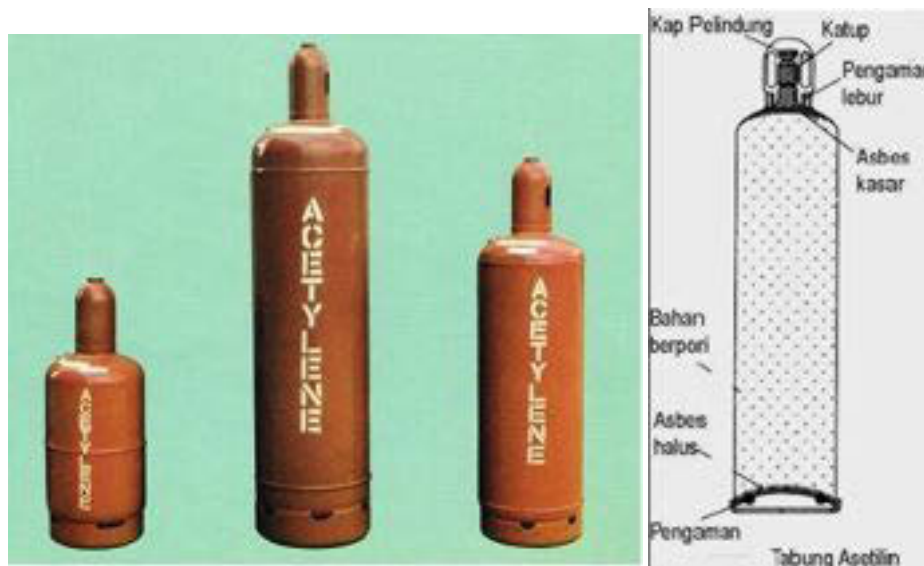
(1) sistem air menetes.

(2) sistem desak atau cebur (*calcium carbide* dijatuhkan kedalam air sedikit demi sedikit).

(3) sistem *calcium carbide* dicelupkan.

Gambar Ilustrasi pembuatan a*cetylene*

Tabung Acetylene

Pemakaian generator untuk memproduksi sendiri gas *acetylene* yang digunakan untuk mengelas memang lebih murah dibanding membeli gas *acetylene* yang sudah siap dipakai dan disimpan dalam tabung.

Namun kekurangan memproduksi gas sendiri adalah tekanan gas yang kurang stabil.

Gambar Tabung *Acetylene*

Oleh karena itu *acetylene* diproduksi di pabrik *acetylene* dan dikemas dalam tabung agar mudah dibawa kemana saja. *Acetylene* disimpan dalam tekanan tinggi sehingga dapat digunakan cukup lama dengan tekanan kerja yang relatif stabil. Untuk memenuhi peraturan keselamatankerja dan memudahkan transportasi maka terdapat beberapa ketentuan tentang tabung *acetylene*.

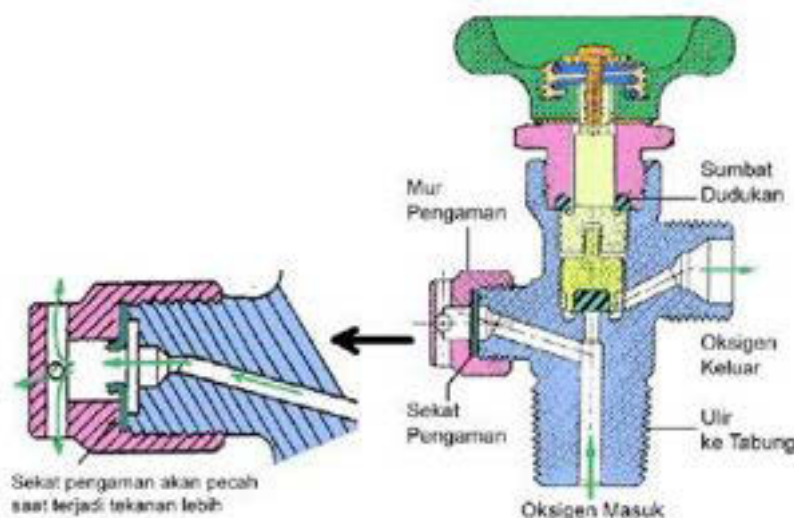
Tabung Oksigen

Ditinjau dari zatnya, oksigen tidak berbahaya, namun karena oksigen disimpan pada tekanan relatif tinggi, maka tabung oksigen harus memenuhi beberapa ketentuan yang ada. Sebagai zat pembakar, oksigen bertekanan tinggi akan sangat mudah bereaksi dengan minyak, oli ataupun *grease*. Oleh karena itu peralatan perlengkapan tabung oksigen tidak boleh dilumasi. Sambungan-sambungan berulir yang sering dilepas terbuat dari bahan-bahan yang tidak berkarat, seperti kuningan sehingga tidak perlu pelumasan.
Ditinjau dari massanya, bila jatuh atau terbanting dapat membahayakan seseorang yang berada disekitarnya. Ditinjau dari besar tekanan maksimum yang ada, bila tabung jatuh dan menimpa benda keras lain maka tabung akan retak atau pecah. Pada keadaan terisi dengan tekanan penuh (150 kg/cm2), maka retakan atau pecahnya tabung akan diikuti ledakan keras yang sangat berbahaya, menyerupai bom.

Gambar tabung oxygen

Oleh karena itu kesalahan penanganan tabung oksigen berisi penuh dapat membahayakan jiwa personil yang berada di sekitarnya. Kerusakan fisik lain seperti bangunan dan peralatan yang ada juga tidak kecil harganya. Penanganan tabung gas (oksigen maupun *acetylene*) adalah:

1. menempatkan tabung pada dudukan yang kuat, ikatlah menggunakan tali yang kuat
2. jauhkan dari sumber panas yang dapat menaikkan tekanan hingga melampaui tekanan maksimum tabung yang sudah ditentukan.
3. menyimpan tabung pada ruang terbuka atau berventilasi cukup dan terpisah dari bahan bakar.

Untuk mengurangi kemungkinan timbulnya ledakan, maka pada saluran keluar oksigen dilengkapi dengan katup pengaman tekanan. Pada saat terjadikelebihan tekanan karena terkena panas atau sebab lain, maka katup pengaman tekanan akan pecah namun tidak membahayakan. Setelah katup pengaman tekanan pecah, tekanan dalam tabung akan segera turun sehingga terhindar daribahaya ledakan.Katup bahaya terbuat dari bahan kuningan atau bahan sejenis yang lebih lemah dari body tabung. Karena bagian katup tersebut merupakan bagian pengaman yang lemah, maka pada saat tidak dipakai katup pengaman tersebut harus ditutupi dengan tutup baja yang tersedia.

Gambar katub oxygen

Katup tabung dilengkapi dengan perapat dan katup bahaya. Katup tabung sebenarnya merupakan kran biasa yang dilengkapi perapat untuk menghindari kebocoran oksigen. Oleh karena itu bila membuka katup tabung, bukalah sampai penuh sehingga perapat tertekan. Bila tidak dibuka penuh justru akan terjadi kebocoran karena perapat belum berfungsi.

Untuk menghindari terjadinya bahaya kebakaran karena adanya kebocoran oksigen (katup bahaya pecah atau katup kerja kurang rapat menutup dan sebagainya) yang mungkin bersamaan dengan terjadinya kebocoran bahan bakar, maka dianjurkan untuk memisahkan ruang penyimpanan tabung oksigen dan tabung bahan bakar. Ruang penyimpanan dibatasi oleh dinding tahan api untuk menekan timbulnya bahaya kebakaran besar.Lebih dari itu, tabung kosong dipisahkan dari tabung yang masihberisi sehingga mengurangi kemungkinan keliru mengambil. Ilustrasi penyimpanan tabung yang aman dapat dicermati pada gambar di bawah ini.

Gambar Penyimpanan Tabung *Acetylene* dan Tabung Oksigen

Regulator

Untuk memperoleh api netral yang diharapkan sepanjang pengelasan, diperlukan proporsi campuran oksigen-*acetylene* yang tertentu dan tetap. Seperti telah dijelaskan dimuka bahwa oksigen dan *acetylene* yang digunakan untuk mengelas berasal dari dua sumber yang berbeda tekanannya. Keduanya berasal dari suatu

tabung yang akan mengalami penurunan tekanan akibat pemakaian. Dengan kata lain tekanan tabung akan semakin menurun selama pengelasan sampai akhirnya gas dalam tabung habis (tekanan dalam tabung sama dengan tekanan udara bebas).

Berdasarkan adanya perbedaan tekanan yang diharapkan dan tekanan yang tersedia tersebut maka diperlukan sebuah alat yang disebut regulator. Regulator pada las *Oxy-acetylene* merupakan suatu peralatan mekanis yang digunakan untuk mengatur tekanan gas (besarnya tekanan tertentu dan dapat diatur), agar besarnya tekanan relatif tetap selama pengelasan berlangsung, walaupun tekanan dalam tabung terus menurun karena pemakaian.

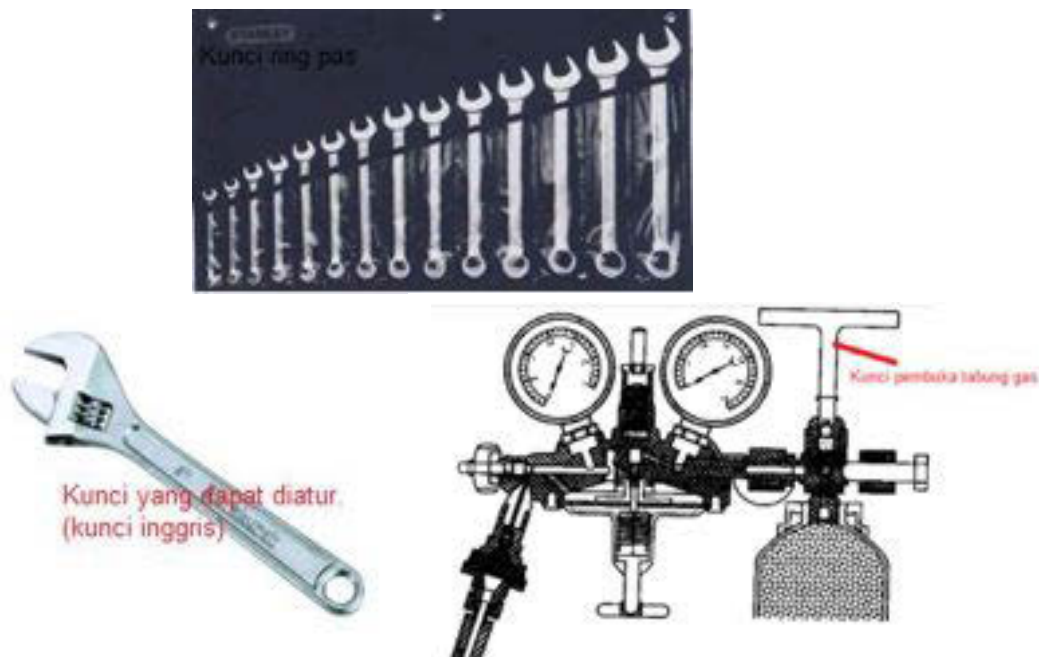
Tekanan *acetylene* berbeda dengan tekanan oksigen sehingga pada las oxy*acetylene* diperlukan dua buah regulator, yaitu regulator *acetylene* dan regulator oksigen. Secara prinsip kerja regulator untuk *acetylene* mupun oksigen sama, namun berbeda kapasitasnya. Agar tidak tertukar,maka regulator *acetylene* (dan gas bahan bakar pada umumnya) memakai ulir kiri sedangkan regulator oksigen memakai ulir kanan.

Gambar Regulator

Ada beberapa petunjuk penggunaan regulator,

Jagalah kebersihan regulator dari debu, endapan kotoran gas maupun kotoran Lainnya yang dapat menyebabkan terhambatnya gerakan bagian-bagian regulator.Oleh karena itu sebelum memasangregulator, tabung oksigen sebaiknya dibuka dulu sesaat untuk melepaskan kotoran yang mungkin ada. Ingat, sewaktu membuka tabung oksigen untuk melepaskan kotoran jangan berdiri di depan saluran keluar.Semburan oksigen tabung bertekanan penuh (mencapai 150 kg/cm2) sangat kuat dan berbahaya.

Gambar cara membuang kotoran pada tabung oxygen

Regulator dan katup tabung gas dibuat dari kuningan atau bahansejenis yang lebih lunak dari baja, oleh karena itu untuk membukanya harus menggunakan alat yang tepat. Bila katup danregulator dilengkapi baut bersayap atau bertangkai,berarti cukup dibukadengan tangan. Bila berupa baut/mur segi enam, gunakan kuncipas yang tepat, tidak boleh longgar ataupun sesak.Tidak diperbolehkan menggunakan kunci pipa ataupun kunci yang dapat diatur (Kunci Inggris).Pemakaian kunci atau alat lain yang tidak tepat dapat merusak baut/mur.

Gambar macam-macam pembuka katub tabung gas

Regulator tidak boleh dibuka sebelum katup tabung dibuka.Tutuplah regulator setiap selesai bekerja setelah katup tabung ditutup sehingga tidak ada gas yang terperangkap di dalam regulator.

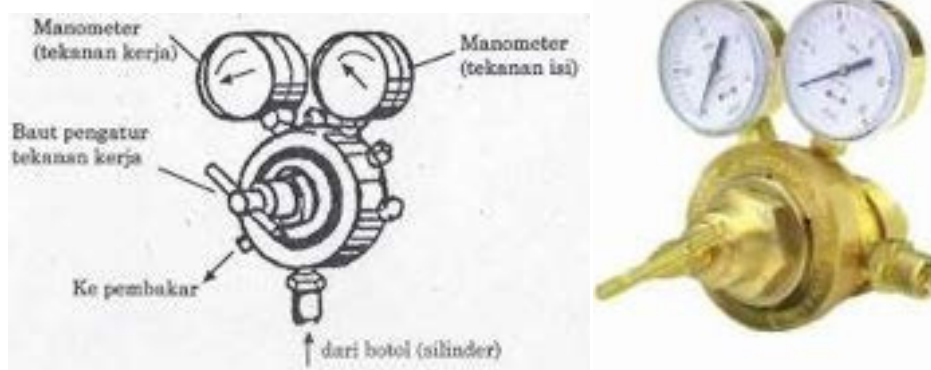
Regulator dalamkeadaan tertutup sempurna apabila baut pengatur sudah pada posisi bebas.

Katup tabung harus dibuka dengan pelan sehingga tidak menimbulkan aliran gas kuat (jet) yang dapat menembus regulator.

Regulator dan katup tabung tidak memerlukan pelumasan,dan tidak boleh dilumasi. Untuk memeriksa kebocoran gas pada peralatan tersebut, pergunakan air sabun (yang tidak mengandung bahan bakar atau bahan yang mudah terbakar seperti minyak, oli, dan sebagainya).

Periksalah regulator secara berkala. Walaupun sudah diusahakan kebersihan secara maksimal, namun terkadang masih ada juga kotoran yang terbawa masuk dan meng-ganggu bekerjanya regulator.

Manometer

Regulator merupakan alat untuk mengatur tekanan, namun tekanan yang dihasilkan tersebut belum dapat dibaca tanpa menggunakan bantuan alat lain,oleh karena itu regulator harus dilengkapi dengan manometer.

Gambar Manometer

Manometer merupakan alat untuk mengukur tekanan gas,yang masuk keregulator (tekanan didalam tabung/isi) dan tekanan yang akan keluar dari regulator (tekanan kerja). Jadi setiap regulator dilengkapi dua buah manometer. Manometer adalah alat yang sensitif sehingga harus diperlakukan dengan hati hati, tidak boleh tertumbuk atau jatuh.

Selang *Acetylene* & Oksigen

Selang las digunakan untuk menyalurkan gas yang keluar dari generator/tabung karbit atau regulator ke pembakar.

Gambar Selang oxygen(biru),Selang acetylene

Beberapa persyaratan utama selang gas adalah :

1) Kedap terhadap gas (tidak bocor

2) Mampu menahan tekanan gas

3) Tahan terhadap minyak atau pelumas

4) Tidak kaku.

Kebocoran pada selang mempunyai dampak negatif,selain menimbulkan bahaya kebakaran,kebocoran *acetylene* maupun oksigen merupakan suatu kerugian ekonomi Selang harus tahan terhadap tekanan gas dengan angka keamanan minimal 5kali tekanan kerja, sehingga bila terjadi penyumbatan pada pembakar ataupun terjadi nyala balik selang masih mampu menahankenaikan tekanan yang terjadi. Di beberapa negara industri dianjurkan memakai selang dengan kapasitas28kg/cm_2 berdasar hasil test pabrik pembuat.Sewaktu digunakan selang tergeletak dilantai, lantai bengkel biasanya kotor oleh zat-zat sejenis minyak, pelumas dan benda-benda keras atau kasar. Oleh karena itu selang harus tahan terhadap minyak dan permukaan lantai yang kasar. Apalagi selang juga digeser-geser kesana kemari, untuk itu selang juga harus lentur.Selang yang kaku menyulitkan pemakai dan kemungkinan cepat retak/ rusak apabila harus digeser-geser atau tertekuk. Keadaan itu menyebabkan selang akan cepat retak dan bocor.Untuk memenuhi persyaratan tersebut biasanya selang dibuat darikaret alam, karet buatan, plastik atau bahan sejenis lainnya sehingga tidak kaku dan kedap gas. Untuk menahan tekanan tinggi selang dilapisi bahan sejenis serat atau benang yang dianyam silang menyilang. Dibagian luar kemudian dilapisi bahan tahan minyak dan bahan kimia lainyang sering terdapat di daerah bengkel.Oleh karena itu selang las terdiri atas tiga lapis. Walaupun dibuat tiga lapis, *selang tetap tidak boleh terlindas atau terjepit benda keras lain*,seperti besi dan sebagainya.

Gambar Konstruksi selang

Berdasar diameter lubangnya,selang dapat dibedakan menjadiukuran 5; 6,6; dan 8 mm. Perbedaan diameter lubang selang dibuat untuk memenuhi perbedaan kebutuhan gas per satuan waktu, untuk pemakaian pembakar kecil atau pemotong *oxy-gas* dan sebagainya.Karena gas yang disalurkan ada dua macam, yaitu *acetylene* dan oksigen, maka selang juga dibedakan dengan kode warna. Selang*acetylene* (dan bahan bakar umumnya) berwarna merah, berarti bahaya.Selang oksigen berwarna biru, hijau atau hitam.Untuk menghindari kesalahan perlakuan maka pemakaian selang tidak boleh ditukar dengan alasan apapun. Selang merah khusus untuk selang gas bahan bakar. Beberapa industri memproduksi selang yang digandeng satu sama lain dan sudah dipasangi konektor (penyambung)yang tidak dapat ditukar-tukar.

Brander

Gambar brander las acetylene

Brander berfungsi untuk mencampur oksigen dengan gas bahan bakar dan membakarnya serta untuk mengarahkan api yang dihasilkan.

Brander sering disebut pembakar, walaupun sebutan ini tidak salah namun kurang tepat karena pembakar baru merupakan salah satu fungsi brander. Bagian utama brander meliputi katup pengatur api, tangkai (pegangan), pencampur gas dan moncong brander. Katup pengatur api adalah katup biasa berupa kran yang berfungsi untuk mengatur besar kecilnya jumlah gas yang lewat persatuan waktu. Semakin lebar dibuka, semakin banyak gas yang lewat. Terdapat dua katup pada brander, yaitu katup oksigen dan katup *acetylene* yang

dapat diatur secara terpisah untuk mendapatkan proporsi campuran yang sesuai dengan api yang diinginkan, yaitu netral, *carburizing,* ataupun *oxidizing*.

Gambar Komponen brander las

Tangkai atau pegangan berguna sebagai tempat memegang brander. Agar panas brander tidak tersalur ke tangan, maka pegangan dilapisi bahan yang tidak menghantar panas,misalnya ebonit. Pegangan juga berfungsi untuk menempatkan katup pada pangkalnya dan untuk menempatkan pencampur pada ujungnya. Pada bagian dalam pegangan terdapat dua saluran, yaitu saluran oksigen dan *acetylene*. Brander, terutama pada bagian moncong dibuat dari tembaga.Tembaga merupakan bahan pengantar panas yang tinggi, sehingga panas yang diterima segera disalurkan ke sepanjang benda. Dengan demikian moncong terhindar dari panas yang berlebihan (*over heated*) dan mengurangi timbulnya nyala balik.

Moncong merupakan penentu ukuran brander,oleh karena itu harus selalu dirawat dengan baik.

Beberapa tindakan yang perlu diperhatikan untuk menjaga keawetan moncong :

1) Tidak boleh digunakan untuk mengambil atau mendorong bendakerja.

2) Tidak boleh melepas moncong dalam keadaan panas.

3) Untuk melepas ujung moncong harus menggunakan kunci pas yang tepat.Tidak boleh menggunakan tang atau alat sejenis.

4) Usahakan moncong tidak menyentuh kawah lasan.

5) Apabila lubang moncong kotor, bersihkanlah menggunakan alat pembersih khusus yang sudah dibuat untuk tujuan tersebut.

Gunakan pembersih lubang moncong yang tepat atau berdiameter lebih kecil dari lubang moncong.

Gambar alat pembersih moncong blander

Selama mengelas, ada kalanya lubang moncong brander kotor atau tersumbat oleh endapan karbon atau kerak. Kotoran-kotoran tersebut akan mengganggu pekerjaan mengelas dan dapat mengurangi kualitas pengelasan.

Agar dihasilkan pekerjaan pengelasan yang baik, kotoran karbon atau kerak yang terdapat pada ujung moncong brander harus dibersihkan secara teratur. Untuk membersihkannya diperlukan alat pembersih khusus yang tidak merusak atau memperbesar lubang moncong.

Alat pembersih ujung moncong brander terdiri atas sejumlah kawat dengan diameter yang bervariasi. Pemilihan penggunaan kawat pembersih disesuaikan dengan ukuran lubang moncong brander, yaitu sama atau lebih kecil dari ukuran lubang yang akan dibersihkan.

Gambar pembersihan moncong brander

Prosedur pembersihan ujung moncong brander adalah sebagai berikut.

1. Memilih diameter kawat pembersih yang sesuai dengan ukuran lubang moncong brander yang akan dibersihkan.
2. Membersihkan lubang moncong brander dengan cara menggesekkan kawat pembersih ke dinding lubang secara perlahan (tidak perlu terlalu ditekan atau digosokkan dengan kuat karena hal itu dapat merusak atau memperbesar ukuran lubang brander !).
3. Membersihkan dan meratakan ujung moncong brander menggunakan kikir kecil

Kacamata Las

Nyala dan percikan logam cair pada las *Oxy-acetylene* memancarkan sinar ultraviolet dan infra merah. Sinar ini membahayakan pada mata.

Untuk mencegah bahaya ini diperlukan kacamata las. Lensa kacamata las *Oxy-acetylene* mempunyai diameter 50 mm dan tiap kacamata mempunyai dua pasang lensa. Bagian luar merupakan kaca bening, sedangkan bagian dalam adalah kaca gelap.

Tingkat kegelapan kacabagian dalam bervariasi, penggunaannya dapat disesuaikan menurut kenyamanan. Biasanya nomor tingkat kegelapan berkisar antara 5 – 8.

Gambar kaca mata alas oxyacetylene

Pakaian Mengelas

Pakaian mengelas diperlukan untuk melindungi tubuh pekerja selama melaksanakan pekerjaan mengelas maupun pada saat berada di lingkungan pengelasan. Pekerjaan las *oxy-acetylene* menimbulkan radiasi, panas dan percikan bara api yang dapat menimbulkan rasa pedih dan terbakar pada kulit dan mata.

Pakailah pakaian mengelas khusus,appron atau pakaian yang terbuat dari bahan tahan panas dan percikan api, misalnya pakaian yang terbuat dari bahan kulit atau jeans tebal.

Sarung tangan las juga diperlukan apabila dapat menambah kenyamanan dalam melaksanakan pekerjaan mengelas

Gambar kelengkapan pakaian las

Sepatu diperlukan untuk melindungi kaki dari percikan api ataupun benda-benda tajam dan benda panas yang secara tidak sengaja terinjak. Oleh sebab itu sepatu dibuat dengan bahan yang kuat dan tahan terhadap panas.

Alat Penyala Api Las

Menyalakan api las pada brander dianjurkan tidak memakai korek api biasa karena tangan dapat saja tersembur api las, yang dapat mengakibatkan luka bakar.

Untuk menyalakan api las dapat menggunakan korek api las yang bertangkai panjang Korek api las tidak memerlukan bahan bakar.

Campuran *Oxy-acetylene* merupa-kan zat yang sangat mudah terbakar, bunga api yang kecil sekalipun sudah cukup untuk menyalakan api *Oxy-acetylene*. Oleh karena itu korek api las hanya menghasilkan bunga api yang diperoleh dengan cara menggo-reskan batu korek pada bahan kasar atau sejenis kikir halus. Bunga api yang terjadi sudah cukup untuk menyalakan campuran *Oxy-acetylene* yang berada dalam jangkauan bunga api tersebut.

Gambar korek api las Oxy acetylene

Tang penjepit,Palu dan Sikat kawat baja

kerak (*flux*) yang melekat pada sambungan lasan dapat dihilang-kan dengan mudah selagi benda kerja dan kerak dalam keadaan panas.

Untuk membersihkan terak diperlukan palu kerak dan sikat kawat baja, disamping itu juga diperlukan tang penjepit untuk mengambil dan memegang benda kerja.

Gambar Palu las,Sikat kawat dan Tang penjepit

Bahan tambah

Mengelas *oxy-acetylene* dapat dilakukan dengan atau tanpa bahan tambah. Persyaratan kualitas bahan tambah yang diperlukan pada prinsipnya adalah sama dengan benda kerja. Pada proses las karbit *(las oxyacetelyne)* dibutuhkan bahan tambahan yaitu kawat besi sebagai material yang digunakan untuk mengisi kampuh material yang akan di sambung.

Bahan tambah tersedia dipasaran berbentuk batangan berpenampang bulat seperti kawat sepanjang satu meter. Besarnya diameter bervariasi, yaitu : (1,5) , 2 , (2,5) , 3,2 , 4 , 5 ,(5,5) (6,3) , dan 8 mm.

Disamping bahan tambah, mengelas khususnya pada benda bukan besi sering pula memerlukan flux. Flux berfungsi untuk membersihkan benda kerja dari bahan oksida, minyak, dan kotoran senyawa lain. Flux juga diperlukan pada *soldering* dan *brassing*. Kawat las oxyacetylene bermacam-macam bahannya, ada yang terbuat dari logam,kuningan dan lain-lain.

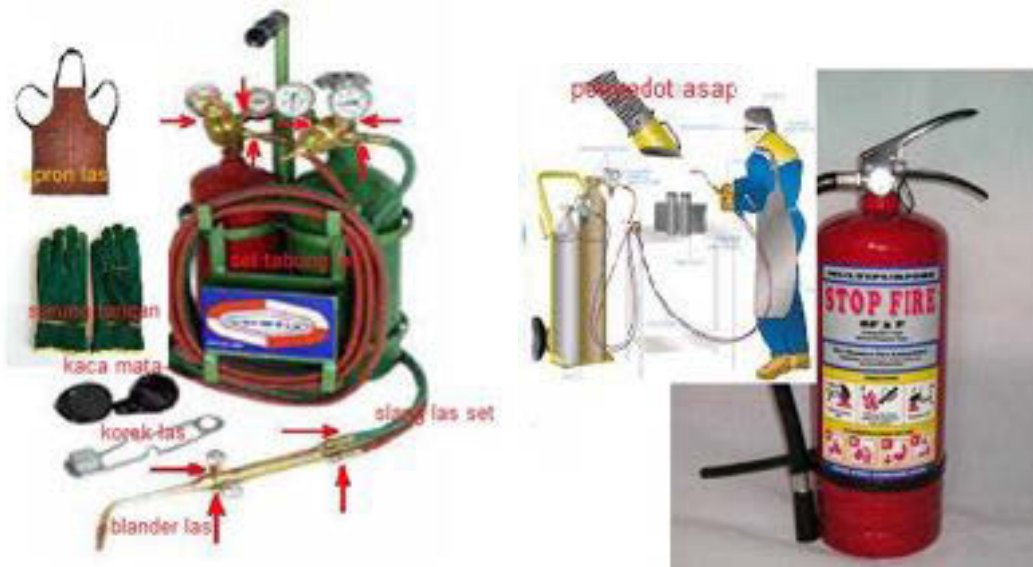
Gambar kawat las oxyacetylene

Prosedur pengelasan dengan oxyacetytelene

1. Persiapan

Mempersiapkan area kerja dari material yang mudah terbakar serta mengupayakan ventilasi yang cukup. Bila perlu tambahkan alat penghisap asap pengelasan pada tempat kerja.

Memeriksa instalasi peralatan las dari kebocoran gas pada sambungan. Gunakan cairan sabun, atau 5% cairan pembersih yang dilarutkan dalam air. Oleskan pada tempat yang akan diperiksa menggunakan kuas lunak.

Menyiapkan seluruh peralatan pengelasan yang diperlukan, termasuk alat-alat perlengkapan keselamatan kerja.pekerjaan pengelasan sebaiknya dilakukan ditempat terbuka,jika tidak siapkan alat penyedot asap.

Gambar perlengkapan las oxyacetylene

2.Menyalakan dan mengatur api las

Memastikan kran *acetylene* dan oksigen pada brander dalam kondisi tertutup.

Mengatur tekanan kerja gas *acetylene* dengan cara sebagai berikut :

● Membuka katup tabung *acetylene* sepenuhnya agar gas *acetylene* dalam tabung mengisi regulator.

● Membuka katup regulator *acetylene* dan mengatur tekanan kerja gas *acetylene* sesuai dengan ukuran brander yang digunakan.

Pada umumnya tekanan kerja gas *acetylene* berkisar antara 5 psi.

Jangan membuka katup regulator hingga tekanan gas *acetylene* mencapai 15 psi akan mengakibatkan bahaya ledakan.

● Membuka kran *acetylene* pada brander, hingga gas *acetylene* mengalir keluar melalui ujung moncong brander.

Atur kembali tekanan kerja gas *acetylene* pada regulator hingga stabil sesuai tekanan kerja yang diijinkan. Tutup kembali kran *acetylene* pada brander.

Mengatur tekanan kerja gas oksigen dengan cara sebagai berikut :

● Membuka katup tabung oksigen sepenuhnya agar gas *acetylene* dalam tabung mengisi regulator.

● Membuka katup regulator oksigen dan mengatur tekanan kerja gas oksigen sesuai dengan ukuran brander yang digunakan, biasanya hampir dua kali tekanan kerja gas *acetylene*. Pada umumnya tekanan kerja gas oksigen berkisar antara 10 psi.

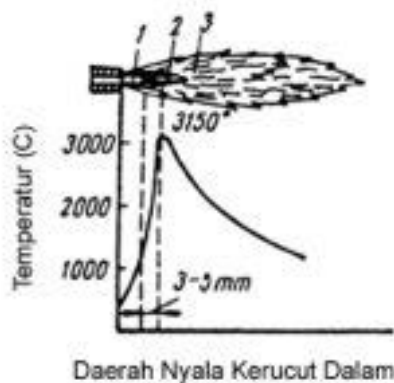
● Membuka kran oksigen pada brander, hingga gas oksigen mengalir keluar melalui ujung moncong brander. Atur kembali tekanan kerja gas oksigen pada regulator hingga stabil sesuai tekanan kerja yang diijinkan. Tutup kembali kran oksigen pada brander.

Memulai menyalakan api las, dengan membuka sedikit kran *acetylene* pada brander (± 1/8 putaran) hingga terdengar gas *acetylene* mengalir keluar dari ujung moncong brander. Arahkan moncong brander ke area yang aman, kemudian gunakan korek api las untuk menyalakan api *acetylene*. Api *acetylene* berwarna kuning dan menimbulkan jelaga.

Mula-mula kita menyetel nyala api yang akan di gunakan pada las karbit/acetylene dengan cara menyesuaikan setelan keran api dan oksigen pada tabung gas karbit/acetylene.

3.Melaksanakan pengelasan

Lalu memanaskan pelat yang akan di sambung atau dilas. Setelah pelat terlihat akan meleleh barulah kita panaskan kawat besi yang berfungsi sebagai bahan penambah hingga meleleh dan menyatu dengan pelat. Dibutuhkan kecermatan dalam memperhatikan lelehan dari ke dua material, karena jika pelat yang dipanaskan tidak sampai hampir meleleh kemudian di tambahkan lelehan kawat,maka tidak akan didapatkan hasil lasan yang baik dan benar, sehingga hasil lasan akan mudah lepas.

Gambar melakukan pengelasan

Gambar nyala api dan temperature

Banyaknya panas nyala api yang disalurkan ke benda kerja tergantung pada :

● Jarak kerucut api las ke permukaan benda kerja yang dipanasi, dan

● Besar sudut kemiringan moncong brander terhadap permukaan benda kerja.

Permukaan logam akan mulai mencair dan terlihat mengkilap,lanjutkan proses pemanasan kampuh las hingga meleleh dan terbentuk kolam kecil pada kampuh sambungan (biasa disebut kawah lasan).

Agar terjadi ikatan las, kedua bagian benda kerja harus meleleh pada saat dilakukan pengelasan.

Setelah kedua benda kerja meleleh bersama dan membentuk kawah lasan, gunakan api las untuk sedikit mengaduk kawah lasan agar kedua benda kerja menyatu dan menghasilkan jalur sambungan lasan.

Bila perlu masukkan bahan tambah untuk membantu penyatuan kedua bagian benda kerja.

Setelah terjadi penyatuan kawah lasan, gerakkan api las secara perlahan dan kontinyu mengikuti jalur kampuh sambungan hingga selesai.

4.Mematikan api las dan membersihkan hasil lasan

Setelah proses pengelasan selesai, matikan nyala api las dengan mengikuti prosedur berikut :

● Untuk sistem tekanan tinggi, matikan nyala api las dengan terlebih dahulu menutup kran *acetylene* pada brander, kemudian diikuti dengan menutup kran oksigen pada brander.

● Untuk sistem tekanan rendah, matikan nyala api las dengan terlebih dahulu menutup kran oksigen pada brander, baru kemudian diikuti dengan menutup kran *acetylene* pada brander.

Bersihkan terak yang ada pada jalur lasan menggunakan palu terak dan sikat kawat baja sewaktu benda kerja masih panas.

Hal ini akan memudahkan pembersihan terak dari benda kerja.

5.Mengakhiri pekerjaan las

Apabila pekerjaan las sudah selesai dan peralatan las tidak akan digunakan lagi, lakukan prosedur berikut ini:

● Matikan api las dengan menutup semua kran brander sesuai prosedur yang benar, kemudian kencangkan katup tabungoksigen hingga tertutup rapat.

● Buka kran oksigen pada brander untuk mengeluarkan sisa Tekanan kerja oksigen yang terdapat di sepanjang saluran oksigen. Tutup kembali kran oksigen pada brander setelah tekanan kerja habis (manometer tekanan kerja regulator oksigen menunjuk ke angka 0).

● Kendorkan katup regulator oksigen untuk memutuskan hubungan antara saluran dari tabung oksigen dengan saluran tekanan kerja.

Ulangi langkah di atas pada saluran gas *acetylene*. Bersihkan area kerja dan semua peralatan yang digunakan, kemudian kembalikan semua peralatan pada tempat penyimpanannya.

Teknik Mengelas Menggunakan Las Oxy-acetylene

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada saat melakukan pengelasan *Oxyacetylene;*

● Pemanasan benda kerja menggunakan nyala api las harus terbagi rata pada kedua bagian benda kerja yang hendak disambung.

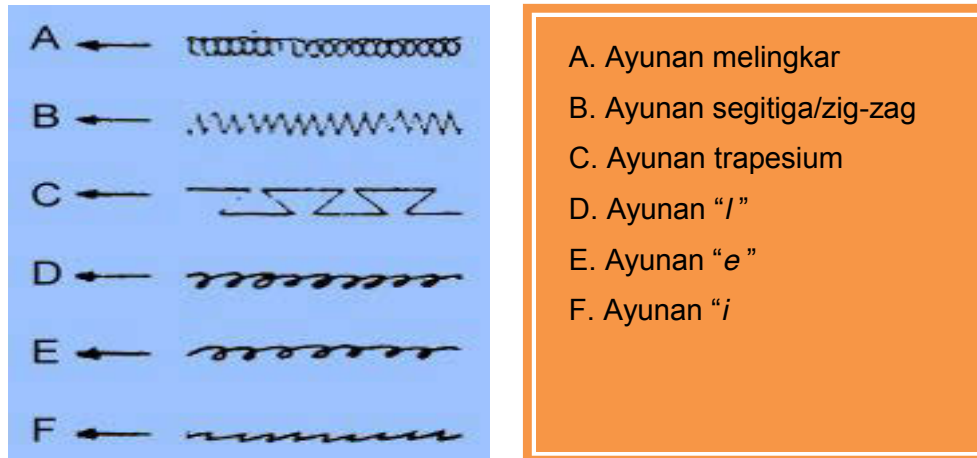
● Pemanasan benda kerja dilakukan secara berangsur-angsur hingga mencapai titik lebur.

● Ujung kawat pengisi dicairkan pada saat kampuh las sudah melebur.

● Ketika melakukan pengelasan posisi vertikal, kawah lasan tidak boleh terlalu besar agar benda kerja yang sedang berada dalam kondisi cair tidak tumpah.

Teknik Ayunan *Nozzle*

Beberapa pola ayunan *nozzle* yang sering digunakan pada las *Oxyacetylene* adalah :

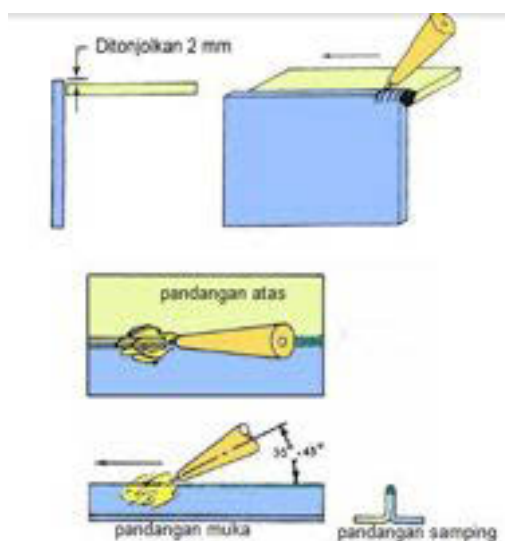
A. Ayunan melingkar
B. Ayunan segitiga/zig-zag
C. Ayunan trapesium
D. Ayunan “*l* ”
E. Ayunan “*e* ”
F. Ayunan “*i*

Gambar teknik ayunan nozzle

Mengelas tanpa bahan tambah

● Kampuh sudut luar dapat dilas tanpa menggunakan bahan tambah,bahan tambah diambil dari benda kerja itu sendiri.

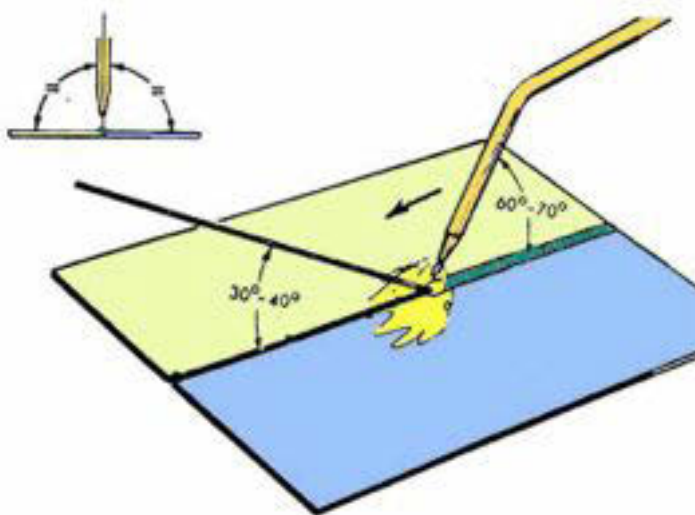
● Benda kerja yang berada pada posisi vertikal ditonjolkan sedikit ke atas untuk dijadikan sebagai bahan pengisi kampuh.

● Kedudukan *nozzle* 30_{o} – 45_{o} terhadap bidang kerja.

● Kecepatan gerakan brander agak lambat.

Gambar Mengelas tanpa bahan tambah pada kampuh sudut luar

Mengelas Posisi Mendatar (*Flat*)

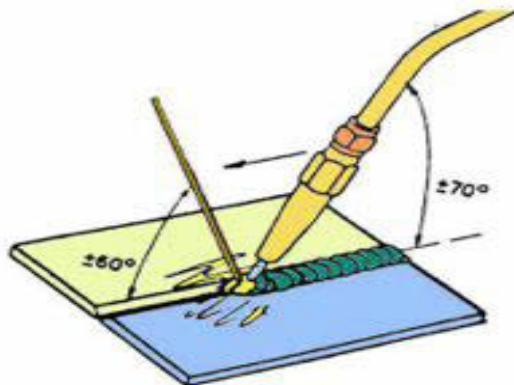
Kampuh I

- Kemiringan *nozzle* antara $60_{o} – 70_{o}$.
- Kemiringan bahan tambah antara $30_{o} – 40_{o}$.
- Bahan tambah dipanasi hingga mencair, dan digerakkan mengayun kesamping (kiri-kanan) untuk mengaduk kawah lasan.

Gambar mengelas kampuh I pada posisi flat

Kampuh V

- Pada saat mengelas kampuh V, harus diperhatikan agar cairan las tidak menetes di muka nyala api las.
- Kemiringan *nozzle* 70° sedangkan bahan tambah dimiringkan 60° terhadap jalur lasan.
- Pada saat mengisi jalur lasan, *nozzle* dan bahan tambah dijauhkan – didekatkan ke kampuh secara bersamaan dengan arah gerakan yang berlawanan.

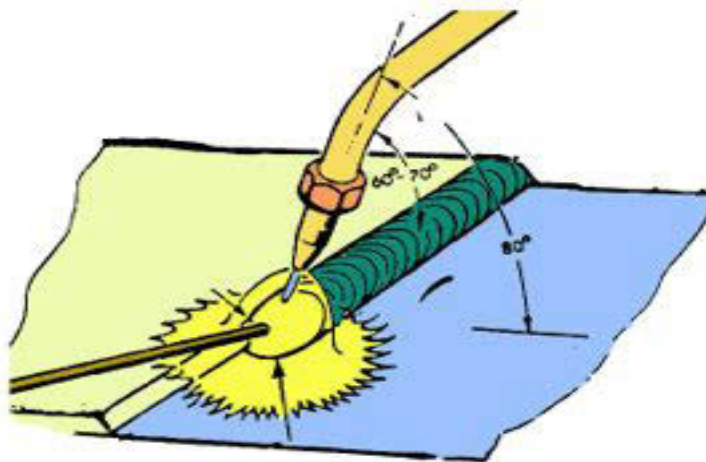
Contoh :

Saat *nozzle* dijauhkan, bahan tambah didekatkan ke kampuh, dan sebaliknya; dilakukan secara kontinyu hingga alur lasan selesai.

Gambar Mengelas Kampuh V Posisi *Flat*

Kampuh Berimpit

● Nyala api las diarahkan ke sudut kampuh agar pencairan terjadi pada kedua benda kerja.

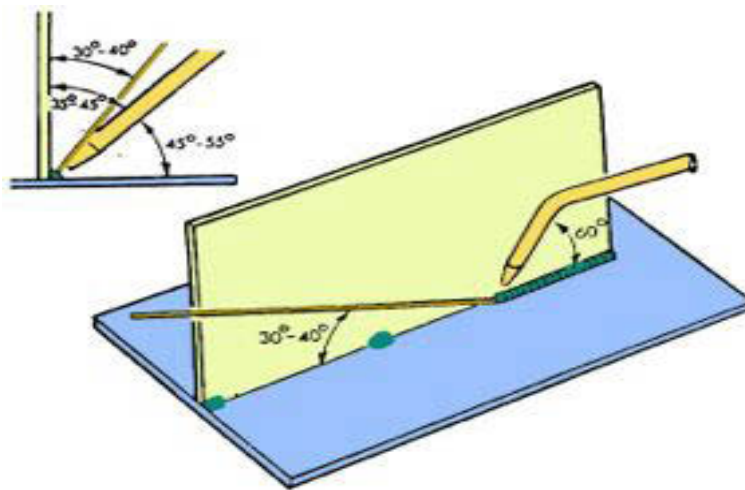
● *Nozzle* dimiringkan membentuk sudut 80_{o} terhadap permukaan benda kerja dan 60° – 70°terhadap jalur pengelasan.

● Bahan tambah dimiringkan 30°–40° terhadap jalur pengelasan.

Gambar Mengelas Sambungan Berimpit Pada Posisi *Flat*

Kampuh T

● Posisi benda kerja diatur sedemikian rupa agar kampuh membuat sudut 45° terhadap bidang horisontal.

● Sebelum melakukan pengelas-an, buat titik-titik las pengikat (*tack weld*) beberapa tempat.

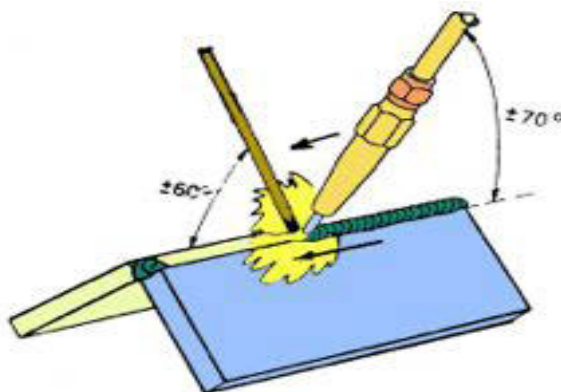
● Sudut jalan bahan tambah berkisar antara 30° – 40° terhadap jalur lasan.

Gambar Mengelas Kampuh T Posisi *Flat*

Kampuh Sudut Luar

● Nyala api las diarahkan ke tengah kampuh.

● *Nozzle* digerakkan sepanjang jalur sambungan.

● Kemiringan *nozzle* sekitar 70° terhadap jalur pengelasan.

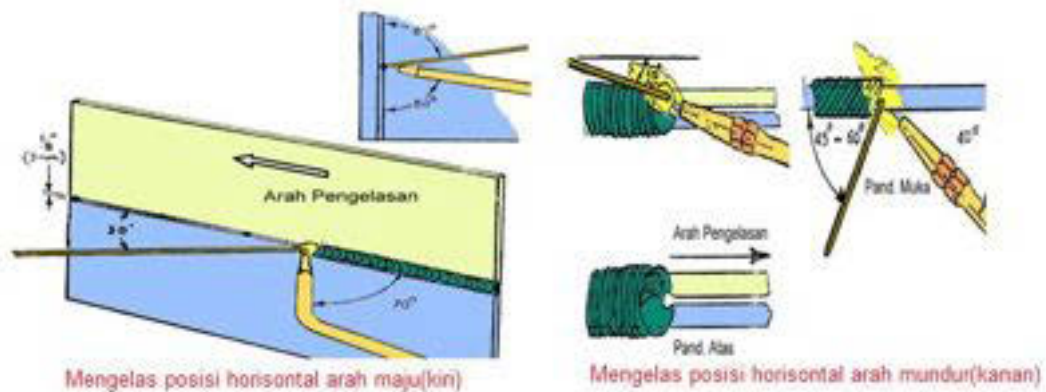
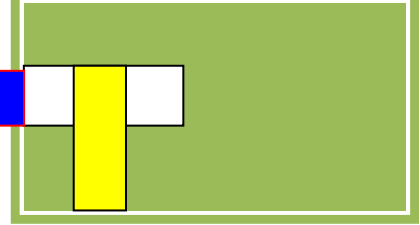
● Kemiringan bahan tambah sekitar 60_o terhadap jalur pengelasan.

Gambar Mengelas Kampuh Sudut Luar Posisi *Flat*

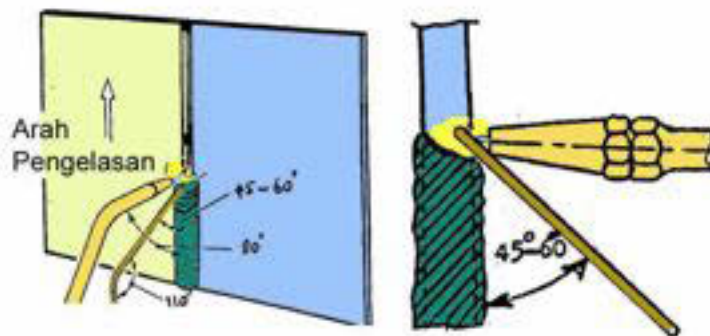
Mengelas Posisi Horisontal

● Pada pengelasan posisi horisontal, cairan las cenderung mengalir kebawah. Oleh karena itu posisi *nozzle* dimiringkan ke bawah10° dari garis horisontal seperti pada gambar.

● Apabila cairan las terlihat akan meleleh, jauhkan nyala api las dari kawah lasan.

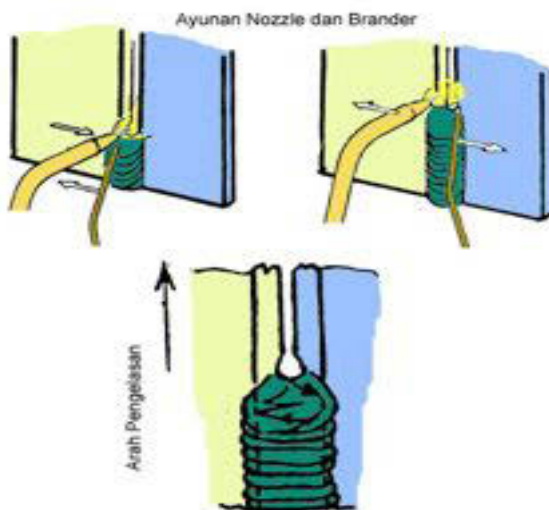
● Ayunan *nozzle* dilakukan sekecil mungkin.

● Untuk pengelasan arah mundur (ke kanan), lakukan ayunan *nozzle* dengan kecepatan 2 atau 3 langkah per detik.

Gambar Mengelas Posisi Horisontal Arah Maju (Kiri)dan Arah Mundur(kanan)

Mengelas Posisi Vertikal

● Bahan tambah diposisikan di antara nyala api las dengan kawah cair. Sudut bahan tambah 45 o – 60 o dan sudut *nozzle* 80o terhadap jalur lasan.

Gambar *Nozzle* & bahan tambah pengelasan posisi vertical

● Pengelasan dimulai dengan mencairkan las titik pengikat bawah untuk membentuk rigi-rigi las, kemudian dilakukan pengelasan ke arah atas

Gambar Memulai Pengelasan Posisi Vertikal

● *Nozzle* dan bahan tambah diayun ke samping (kiri-kanan) dengan arah gerakan berlawanan.

Gambar Gerakan ayunan *nozzle* & bahan tambah pengelasan posisi Vertical

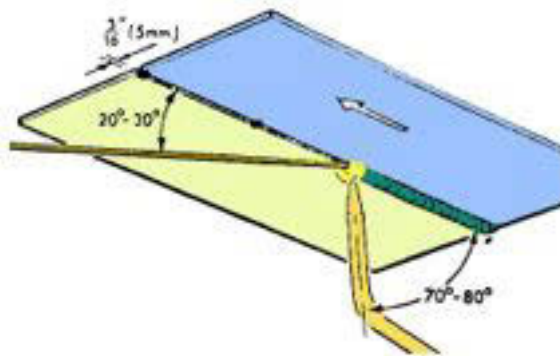
● Pada akhir jalur pengelasan, bahan tambah diposisikan di sebelah atas *nozzle*.

Gambar Mengakhiri jalur lasan pengelasan posisi vertikal

Pengelasan Posisi Atas Kepala (*Overhead*)

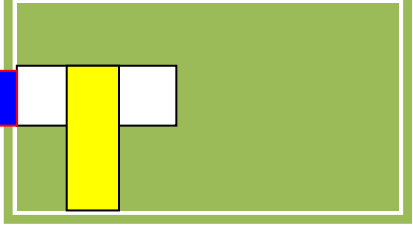
Pengelasan Arah Maju (Ke Kiri).

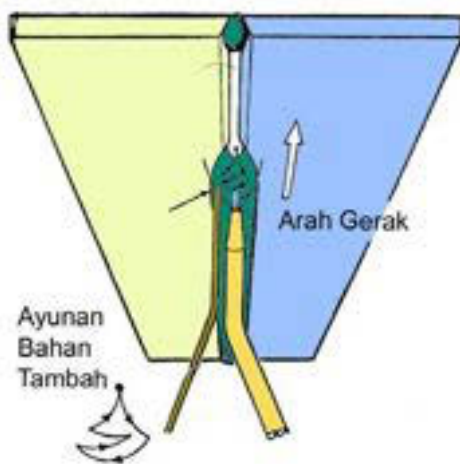
● Posisi *nozzle* dan bahan tambah sebagaimana diperlihatkan pada gambar.

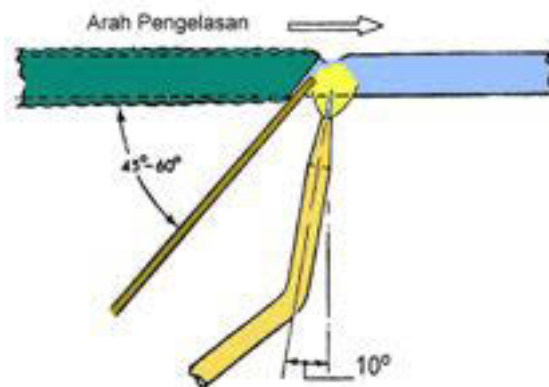
● Pengelasan arah maju dilakukan untuk menyambung benda kerja dengan ketebalan mencapai 6 mm.

Gambar Pengelasan Arah Maju Posisi *Overhead*

Pengelasan Arah Mundur (Ke Kanan)

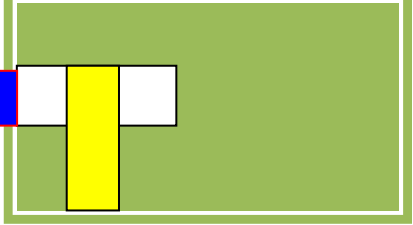
● Pengelasan arah mundur dilakukan untuk benda kerja dengan ketebalan lebih dari 6 mm.

● *Nozzle* tegak lurus dengan benda kerja, dengan kemiringan 10°terhadap jalur pengelasan.

● Bahan tambah berada di belakang nyala api las, dengan kemiringan antara 45°-60° terhadap jalur lasan.

● Ayunkan bahan tambah menyilang 2 sampai 3 kali, kemudian naik dan turun seperti pada gambar, kemudian tahan kawat di dalam kampuh.

Gambar Pengelasan Arah Mundur Posisi *Overhead*

● Nyala api las memberi gaya dorong cairan kawah lasan masuk ke dalam kampuh.

Gambar Dorongan Nyala Api Terhadap Kawah Lasan

Kualitas hasil las

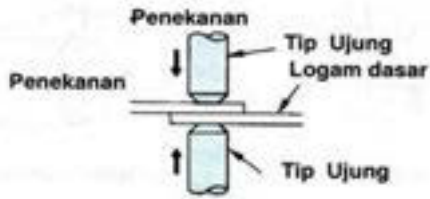
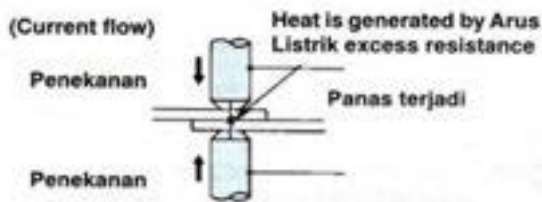
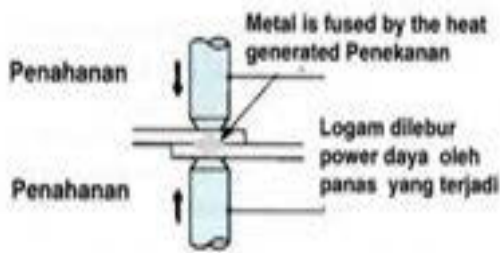
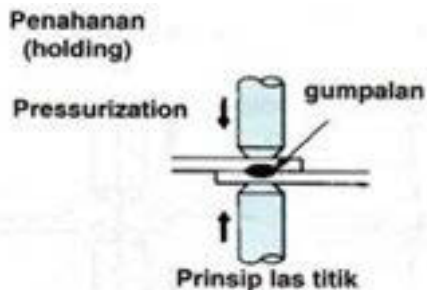
No	Hasil Las	Keterangan
1.		Rigi-rigi las yang baik
2.		Penembusan kurang dalam
3.		Akibat pemanasan berlebih, rigi-rigi terlalu dangkal dengan penggalian terlalu dalam
4.		Penempelan rigi-rigi (*overlapping*) harus dihindarkan
5.		Penembusan yang terlalu dalam
6.		Terjadi keropos

Prinsip dasar las titik

Las titik adalah suatu type dari las tahanan listrik yang termasuk kategori las tekan. Prinsip dasarnya adalah mengelas dengan menggunakan tekanan pada tumpukan logam dasar yang telah dijepit antara dua elektroda.

Arus listrik yang besar dipakai,dan panas yang dihasilkan (result heat) yang ditimbulkan oleh listrik diarea menyebabkan area-area sambungan melebur. Untuk melumerkan logam-logam secara bersamaan, tekanan diperlukan untuk menahan logam tersebut. Las titik mempunyai iga proses :

1.Penekanan

2.Arus listrik

3.Penahanan

Saat yang mengalir arus listrik besar diarea konsentrasi, ujung-ujung elektroda diberikan tekanan menyebabkan permukaannya saling berhubungan.

Arus listrik yang besar disalurkan pada ujung-ujung elektroda dan saat aliran listrik menembus dua pelat logam dasar tersebut, panas joule (joule heat) terjadi diarea sambungan (dimana tahanan paling besar) menyebabkan suhu diarea tersebut naik dengan segera.

Dengan melanjutkan penggunaan arus listrik,area sambungan dari logam dasar melumer dan melebur bersama,sebagai penekan digunakan ujung-ujung elektroda.

Gambar prinsip las titik

Ketika arus listrik dihentikan area yang dilas bertahap menjadi dingin dan membentuk satu gumpalan. Dengan menggunakan tekanan, sifat gumpalan itu dibuat lebih rapat pengerjaan dan kinerja mekanisnya disempurnakan. Dalam pengerjaan sebenarnya ,langkah-langkah ini harus dilakukan tanpa kesalahan, karena mudah terlalaikan.

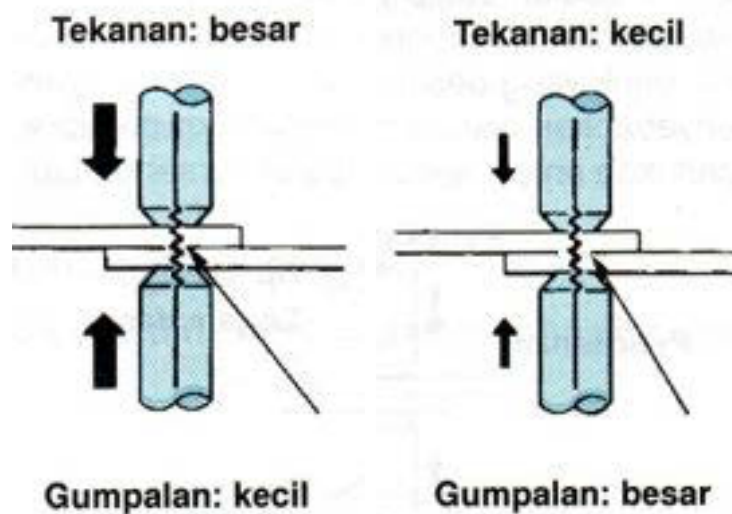
Karakteristik sebagai berikut :

1. Dikarenakan tempo las yang singkat dan pemakaian panas yang dilokalisir, praktis tidak ada terjadi cacat (distortion)
2. Las titik paling sesuai untuk pengelasan pelat – pelat tipis dengan ketebalan kira – kira 0,7 – 1,4 mm (0.028 – 0.055 in)
3. Tidak memerlukan banyak keahlian atau pengalaman dari pekerjaan las/operation
4. Dikarenakan perlu arus listrik yang besar, perangkat las cenderung lebih berat.
5. Adalah sukar memastikan kepaduan las dari tampilan luarnya karena fusi (adonan leburan) terjadi hanya pada permukaan permukaan yang disambungkan dari logam – logam dasar tersebut.

1 Ketika aliran arus listrik menembus suatu logam yang mempunyai tahanan tenaga listrik dikonsumsi kedalam logam, menciptakan panas. Type panas yang dihasilkan dari tahanan ini disebut “panas joule”. Banyaknya panas joule diekspresikan sebagai $0 = 0.24\, I^2Rt$, dimana Q = banyaknya panas yang ditimbulkan (kalori), I = arus listrik (Amper), R = tahanan (Ohm), dan t = tempo aliran (detik).

2 Suatu ulir las bundar rata (round flat bend) dari logan yang memadat yang dibentuk sebagai suatu hasil antar campuran (inter mixing) dari logam – logam dasar selama pengelasan titik.

KONDISI – KONDISI PENGELASAN

Ada banyak factor terkait dalam menghasilkan sebuah las titik (spot weld)yang baik. Khususnya yaitu, tekanan arus listrik pengelasan, dan tempo pengelasan mempunyai efek paling besar pada hasil pengelasan. Factor – factor lain adalah kondisi ujung – ujung elektroda dan logam dasar.

Gambar prinsip las titik

(1) TEKANAN

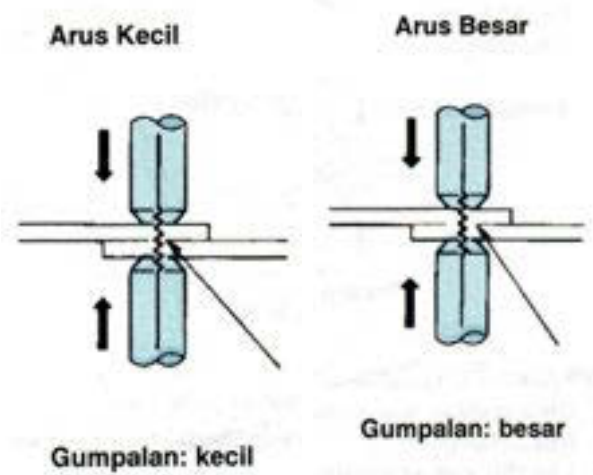
Pemakaian tekanan mempunyai fungsi menjamin bahwa arus dari ujung – ujung elektroda adalah secara benar ditransfer kelogam – logam dasar tanpa menimbulkan kilap permukaan (surface flash) atau pengeluaran paksa (expulsion *1). Lebih dari itu, tekanan bertindak menjaga logam – logam dasar berhubungan dengan mantabsatu dengan yang lain logam las-las-an memadat.

Keterangan berikut menunjukkan apa yang terjadi ketika tekanan dimodifikasi, sementara sejumlah arus yang stabil diberikan :

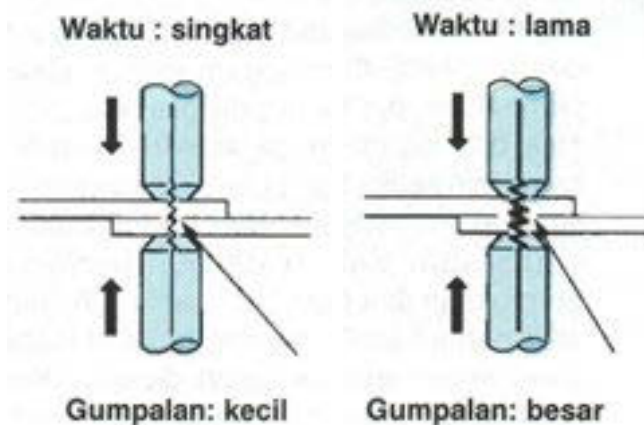
1. Bila tekanan terlalu kecil, arus yang dikonsumsi saat sedang ditransfer dari elektroda – elektroda ke logam dasar, tidak meninggalkan arus yang cukup untuk keberhasilan pengelasan pada logam dasar secara bersamaan, juga kurangnya tekanan ini dapat mengakibatkan percikan bunga api antara logam dasar dan ujung elektroda (burr) pada permukaan – permukaan tersebut.

2. Ketika arus listrik dihantarkan dengan pemakaian tekanan yang sesuai, maka arus akan dikonsumsi area sambungan yang mempunyai tahanan paling besar. Ini menghasilkan suatu pengelasan yang baik bagi logam dasar.
3. Bila tekanan terlalu besar, logam – logam dasarnya masuk berkontak dengan permukaan yang lebih luas. Dalam situasi ini, arus listrik dan panas yang terjadi didistribusi melintasi permukaan. Sebagai akibatnya, area las-lasan yang melebihi titik lebur terbatas. Ini menyebabkan gumpalannya menjadi kecil dan kekuatan las menjadi berkurang.

(2) Arus Pengelasan (Welding Current)

Diameter gumpalan/nugget membesar karena arus yang dipakai meninggi mengakibatkan peningkatan kekuatan las. Bila arus dinaikkan lebih jauh, pengeluaran paksa/ekspulsi akan terjadi. Bagaimanapun juga dengan pemakaian tekanan yang lebih besar pada saat ini, area pengelasan melalui arus listrik mengalir akan bertambah dan ekspulsi tidak akan terjadi. Jadi ekspulsi terjadi ketika arus terlalu besar terhadap tekanan atau sebaliknya, bila tekanan atau terlalu kecil bagi arus. Sebagai hubungan timbal balik yang saling menguntungkan antara arus dan tekanan, adalah penting untuk membuat keseimbangan yang tepat antara kedua factor tersebut.

(3) Waktu Pengelasan (Welding Time)

Makin lama makin besar panas yang dibangkitkan dan gumpalannya/nugget makin besar. Bagaimanapun, banyak panas yang menyebar dalam elektroda – elektroda atau diarea sekeliling

las-lasan yang meningkat sebanding dengan tempo pengelasan. Akan ada sebuah titik dimana suhu pengelasan akan mencapai titik kejenuhannya (saturation point), bila tempo pengelasan diperpanjang melebihi titik jenuh ini, maka gumpalan nugget tidak akan menjadi lebih besar lagi dan itu bahkan membuat pengumpulan/lekukan (indentation) dan distorsi/perubahan panas yang mempengaruhi tampilan dari sambungan tersebut.

(4) Kondisi Ujung Elektroda

Untuk membuat pengelasan yang baik maka diperlukan untuk ujung – ujung elektroda yang sesuai dengan ketebalan logam dasar, seperti yang diperlihatkan ditabeh dibawah ini. Ujung – ujung elektroda menjadi terbakar dan kotor dalam pemakaian. Bila ujung – ujung ini terlalu kotor, maka ketahanan antara ujung – ujung elektroda dan logam dasar meningkat, sehinggga menghalangi sampainya sejumlah arus yang diperlukan untuk peleburan logam dasar pada aliran. Bila ujung – ujung elektroda digunakan terus – menerus dalam kondisi kotor, maka ujung – ujung ini sendiri akan terlalu panas dan keausan yang lebih dini dari seharusnya (contoh terjadi deformasi), dan tahanan listriknya akan meningkat. Ini mengakibatkan, kekuatan las yang sebanarnya tidak dapat diperoleh. Untuk alasan ini, kondisi elektroda harus selalu dimonitor dengan cermat selama pengelasan titik, dan sebuah pemotong ujung (sebuah alat untuk membentuk ujung) digunakan untuk membentuk

kembali ujung – ujung pada suatu diameter yang sesuai bila diperlukan.

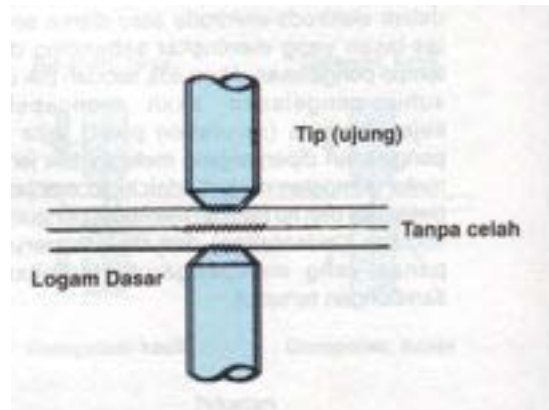
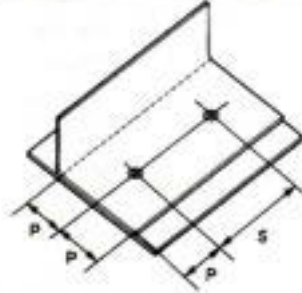
Juga, pengelasan harus dihentikan setelah beberapa titik las telah dibuat dengan tujuan mendinginkan ujung – ujung elektroda dengan semprotan udara atau air.

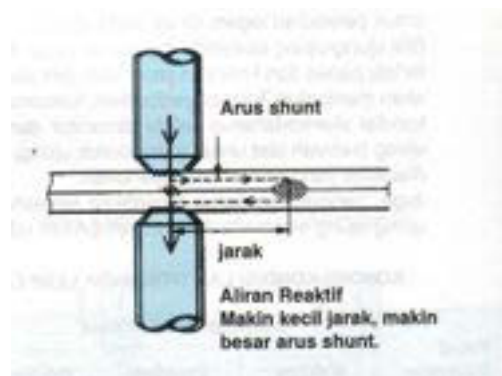
KONDISI – KONDISI LAS TITIK PADA LEMPENGAN BAJA LUNAK (KETIKA 2 PANEL DISAMBUNG)

Panel thickness mm (in.)	Optimum conditions			Tip diameter		Effectiveness
	Welding Time (Cycle)	Pressure N (kgf. lbf)	Welding Current (A)	d mm (in.)	Min D mm (in.)	Shear strength N (kgf. lbf)
0.6 (0.024)	7	1.471 (150,331)	6,600	4.0 (0.157)	10 (0.39)	2,942 (300.661)
0.8 (0.031)	8	1,863 (190. 419)	7,800	4.5 (0.177)	10 (0.39)	4,315 (440,970)
1.0 (0.039)	10	2,206 (225, 496)	8,800	5.0 (0.197)	13 (0.51)	5,982 (610,1,345)
1.2 (0.047)	12	2,648 (270, 595)	9,800	5.5 (0.217)	13 (0.51)	7,649 (780,1,720)
1.6 (0.063)	16	3, 530 (360, 794)	11,500	6.3 (0.248)	13 (0.51)	10,395 (1,060.2,337)

D
120° (90°)
d
Tip shape

(5) Kondisi Logam Dasar

Logam dasar dapat menyebabkan problem bila ada celah (gaps) diantara logam – logam atau bila permukaan – permukaannya dilapisi sesuatu. Tentu saja bila logam-logam dasar tidak kontak satu sama lain ketika tekanan dipergunakan maka arus tidak akan mengalir dan pengelasan tidak akan dihasilkan. Bahkan, walaupun permukaan – permukaan dihubungkan satu sama lain, tapi jika area permukaan terlalu sempit, maka kekuatan las yang sebenarnya tidak dapat dicapai. Konsep kebersihan juga dapat diterapkan pada kondisi logam dasar. Bila area – area dimana ujung – ujung elektroda berkontak, atau dimana logam – logam dasar berkontak satu dengan yang lain ternyata dilapisi/ditutupi dengan cat, karat, kotoran dan lain – lain, maka penghantaran sejumlah aliran listrik tidak dapat berlangsung dan kekuatan las yang sebenarnya tidak tercapai.

(6) Posisi Pengelasan Las Titik

Walaupun kekuatan setiap las titik sebagian besar dipengaruhi oleh tiga factor penting (tekanan, arus las, tempo pengelasan), tapi kekuatan keseluruhan dikaitkan pada jarak las (weld pitch yaitu jarak antara titik – titik las) dan marginalnya (yaitu jarak dari tepi logam dasar). Makin pendek jarak titik las makin besar kekuatan las meskipun demikian, setelah satu tingkat tertentu, kekuatan las tidak akan meningkat walaupun jarak antara titik las diperpendek. Ini terjadi karena arus listrik akan mengalir melalui area – area yang dilas sebelumnya. Arus ini, yang disebut sebuah "arus shunt", mencegah suhu sambungan meningkat. Oleh karenanya jarak titik harus lebih besar dari suatu jarak tertentu yag menyebabkan sejumlah arus shunt dapat diabaikan. Mengenai marginnya, bila jarak ini terlalu pendek, logam yang lumer (adonan logam = molten metal) akan mengalir dari logam dasar. Ini dapat menjadikan sebuah lubang, atau membentuk sebuah gumpalan/nugget yang sangat tipis sekali, keduanya adalah indikasi suatu kekuatan las yang tidak mencukupi.

Penempatan Las Titik Spot Weld Location

Tebal Panel mm (in.)	Jarak S mm (in.)	Margin P mm (in.)
0.6 (0.024)	11 (0.43) min.	5 (0.20) min.
0.8 (0.031)	14 (0.55) min.	5 (0.20) min.
1.0 (0.039)	18 (0.71) min.	6 (0.24) min.
1.2 (0.047)	22 (0.87) min.	7 (0.28) min.
1.6 (0.063)	29 (1.14) min.	8 (0.31) min.

PERALATAN, PERLENGKAPAN DAN BAHAN – BAHAN

BOR – ANGIN (AIR DRILL)

Gambar bor angin

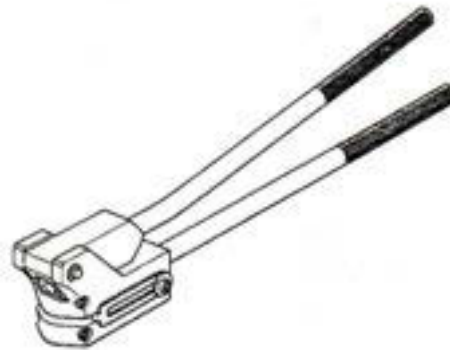
Kegunaan : Digunakan untuk mengebor lubang – lubang kedalam panel – panel dengan memasang sebuah bor.

Karakteristik :

- Apakah pekerjaan menyangkut pemotongan atau pengeboran pistolnya didisain agar memudahkan operator menggunakan tenaga dengan mudah dan secara effisiensi tanpa menyebabkan kelelahan.
- Lubang keluaran (exhaust port) disediakan pada bagian belakang pegangan untuk mencegah geram beterbangan.
- Sarung tangan bekerja dari katun jangan dikenakan pada saat mengebor.

Bor angin Toyota.

RPM Maximum	1,800 ~ 2,500 rpm
Recommended Air Pressure	490 ~ 686 kPa (5,0 ~ 7.0 kgf/cm^2, 71 ~ 100 psi)

A. ALAT PELUBANG (HOLE PUNCHER)

Gambar alat pelubang

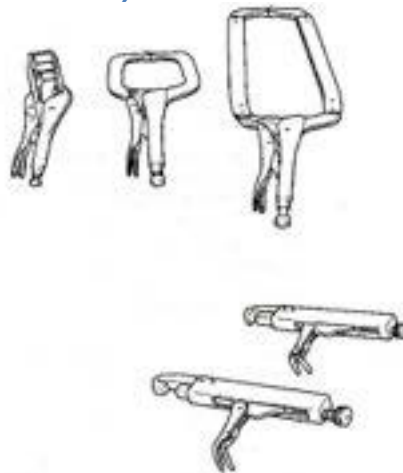
Kegunaan : digunakan untuk mencetak lubang yang diperlukan dalam las sumbat (Plug Welding)

Karakteristik :

- Diameter lubang yang dipersiapkan sesuai untuk las sumbat panel – panel yang tipis.
- Lubang yang dibuat oleh alat pelubang ini dapat digunakan sebagai lubang pemandu (pilot hole) untuk bor yang lebih besar yang akan dibutuhkan saat pengelasan panel – panel yang lebih tebal.

Diameter Lubang	5mm(0.20 in)

Tebal Panel Maksimum	1.6mm(0.06 in)

C. TANG JEPIT (VISE GRIP)

Kegunaan : digunakan untuk perakitan panel – panel dan bagian konstruksi rangka (members) untuk menekan panel dan bagiannya serempak pad alas sumbat (Plug Wending).

Karakteristik :

- Dimensi rahang ragum (jaw) (untuk menyesuaikan dengan ketebalan alat penjepit) dan tekanan jepitan dapat dengan mudah dirubah rubah.
- Kurusakan pada panel – panel dijaga sampai keminimum.

D. PERLENGKAPAN LAS TITIK (SPOT WELDER)

Gambar mesin las titik

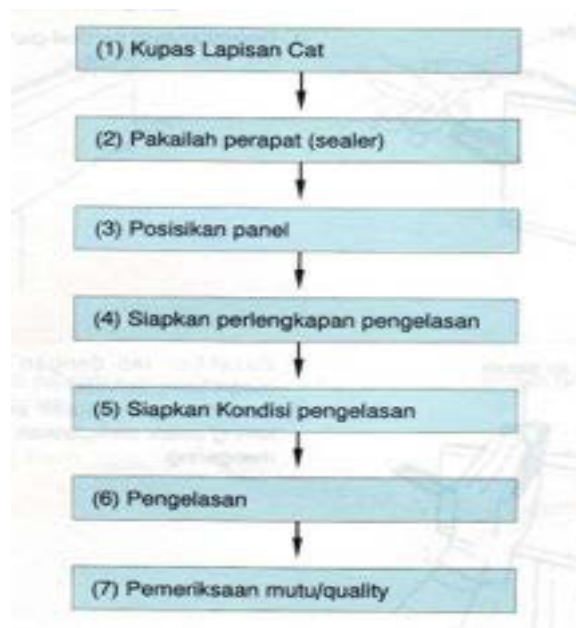
Kegunaan : digunakan untuk mengelas panel-panel

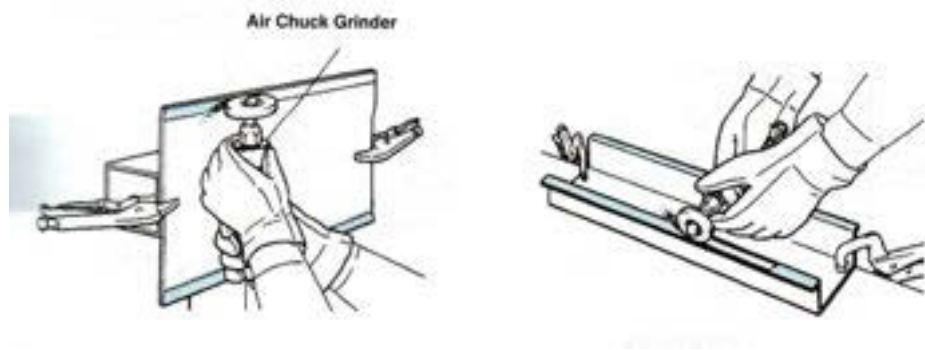
Karakteristik :

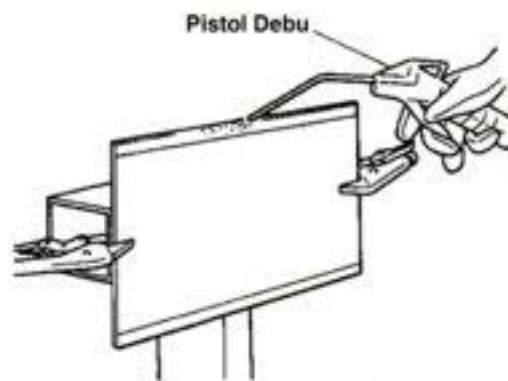
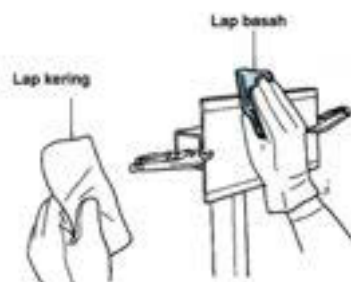
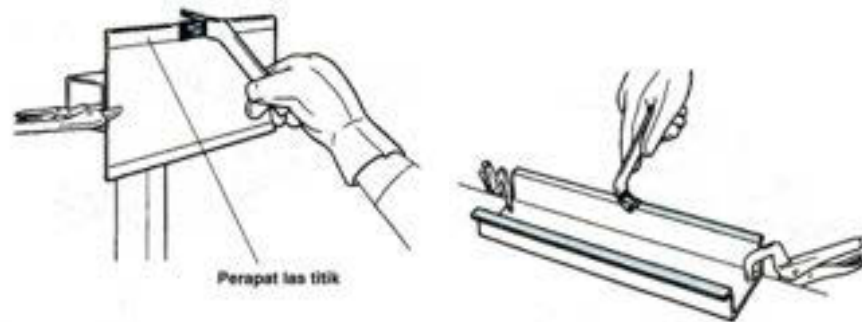
- Termasuk ketegori las tekan tahanan listrik.
- Hanya memerlukan sedikit atau tanpa pengalaman mengoperasikannya dan mampu beroperasi dengan efisiensi yang tinggi.

	Las titik untuk reparasi	Las titik untukperakitan
Sumber daya	Tiga fase 200 V	Tiga fase 400 V
Arus sekunder	5000 ~ 6000 A	170000 – 20000 A
Tekanan yang dipakai	9800 kPa Kira – kira (100kgf/cm^2, 1420 psi)	19.620 ~ 29.420kPa (200 ~ 300kgf/cm^2 2850 ~ 4260 psi)
Tempo pengelasan	0.5 – 1.0 sec	0.1 ~ 0.4sec
Sistem pendinginan	Pendinginan udara - normal	Pendinginan air

PROSEDUR LAS TITIK

Proses pengelasan titik diuraikan dibawah ini

1. Melepaskan Lapisan cat

Lapisan cat harus dikupas dari area yang akan di las untuk pengaliran arus las menembus panel – panel.

2. Pemberian perapatan (sealer)

Permukaan – permukaan sambungan dari panel-panel harus menjalani perlakuan anti karat, karena sambungan tersebut tidak dapat di cat setelah pengelasan.

Bersihkan/tiup partikel – partikel pasir

1. Basahkan lap dengan larutan pembuang lemak (degreasing solvent)
2. Bersihkan permukaan sekali lagi menggunakan lap kering untuk melepaskan minyak sebelum permukaan mongering.

3. Oleskan bahan perapat las titik pada permukaan logam.

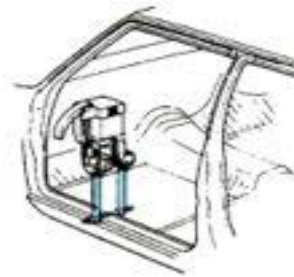
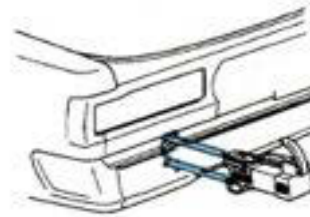
(1) Memposisikan Panel

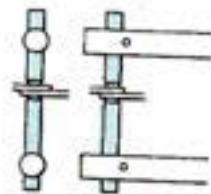
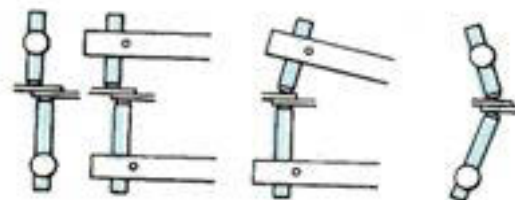
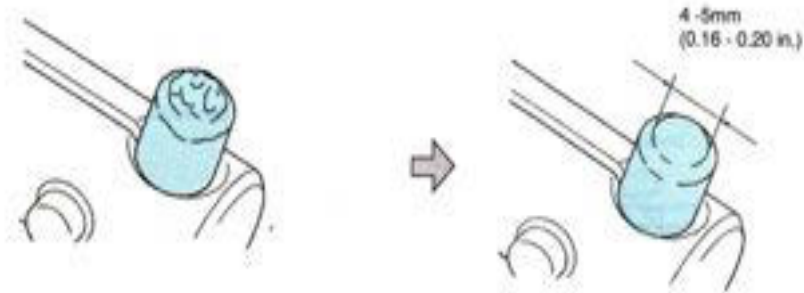
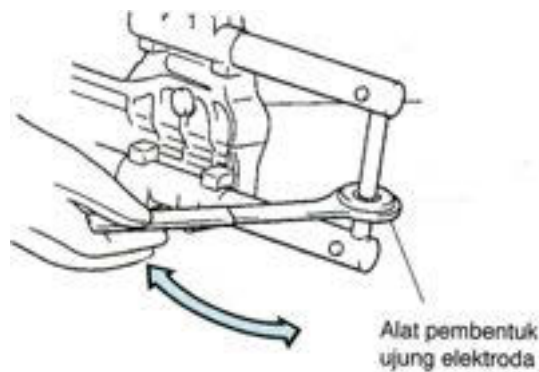
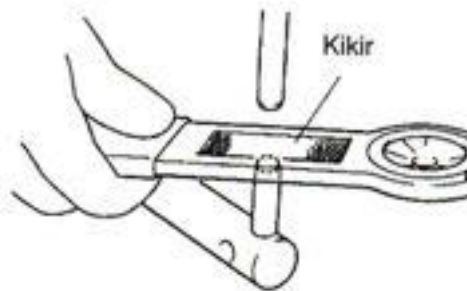
Posisikan kedua panel bersamaan, dan satukan (fixed) keduanya dengan menggunakan ragum pemegang (vise grips).

Referensi :

Dalam reparasi body pada sebuah kendaraan, posisi panel ditentukan dengan pengukuran jarak panel (fit) terhadap panel-panel yang lain

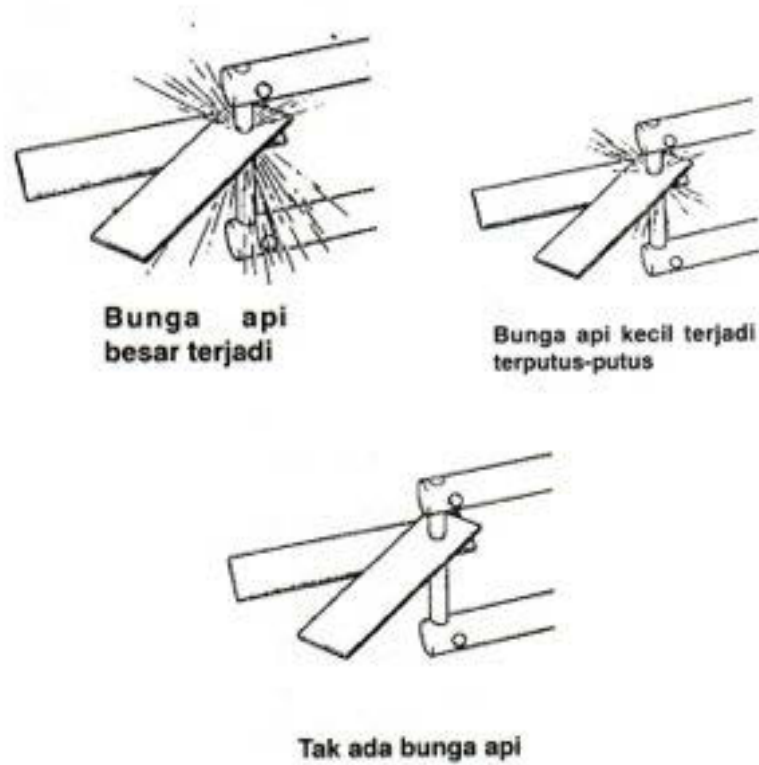
(2) Siapkan Perlengkapan Pengelasan

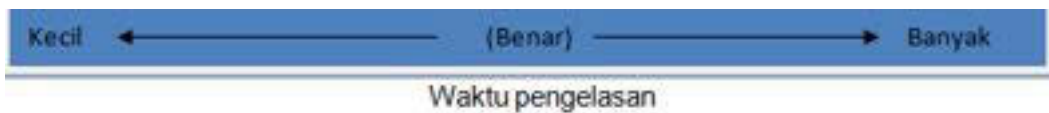
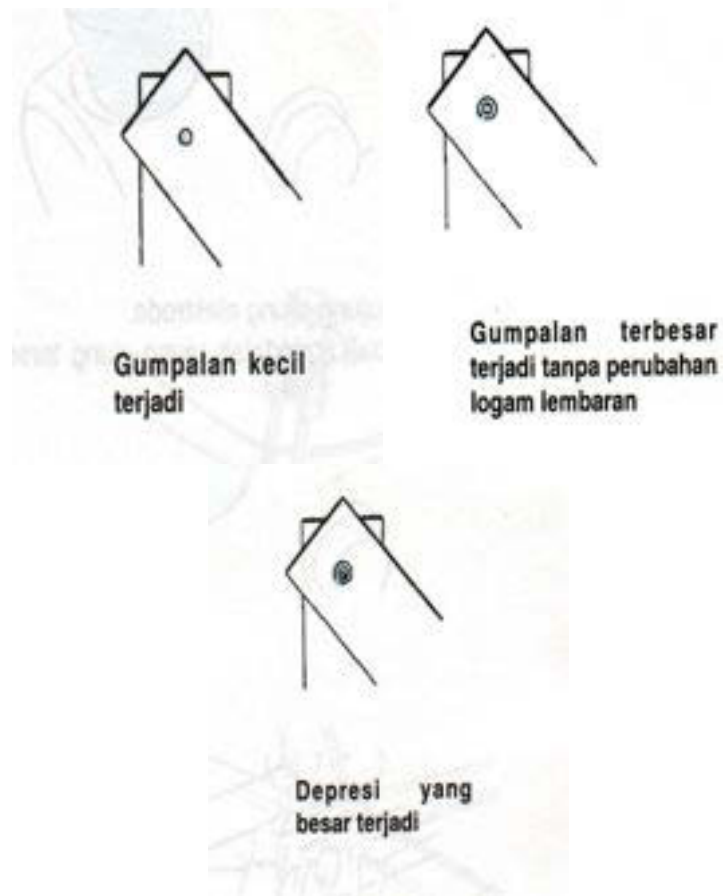
1) Pilihlah lengan las dengan panjang dan bentuk yang dapat dengan tepat menekan panel-panel bersama dengan ujung elektrodanya.

2) Menyetel Ujung Elektroda

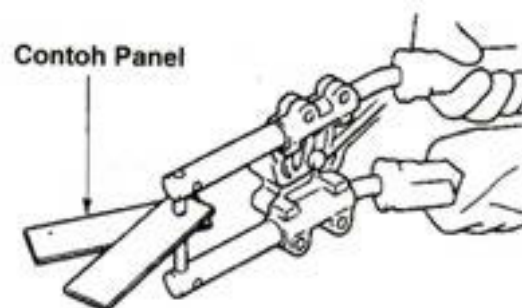
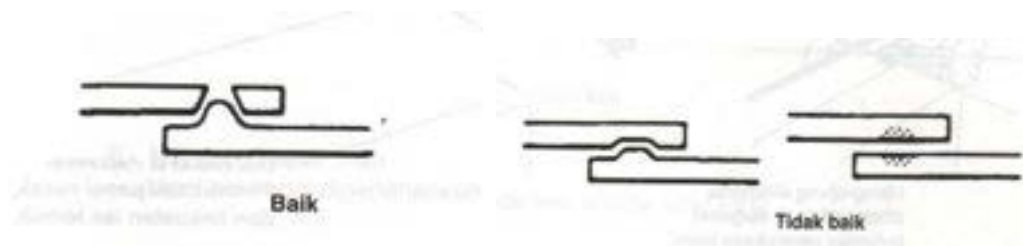
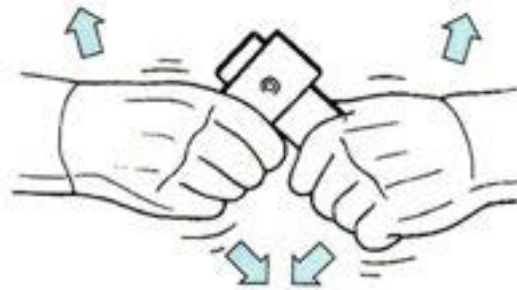
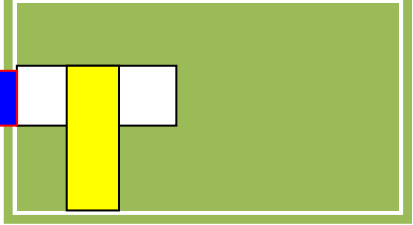
Kedua ujung elektroda harus tepat berhadapan satu dengan yang lain dalam satu sumbu saat menekan panel-panel secara bersamaan.

Ujung – ujung elektroda harus dijaga kehalusan dan kebersihannya untuk memperoleh kekuatan las yang seharusnya.

1. Periksalah kondisi ujung-ujung elektroda
2. Bila kondisi tidak baik, grindalah ujung-ujung tersebut

3. Kikirlah permukaan ujung yang datar.

Gambar prosedur pengelasan

(3) Siapkan Kondisi Pengelasan

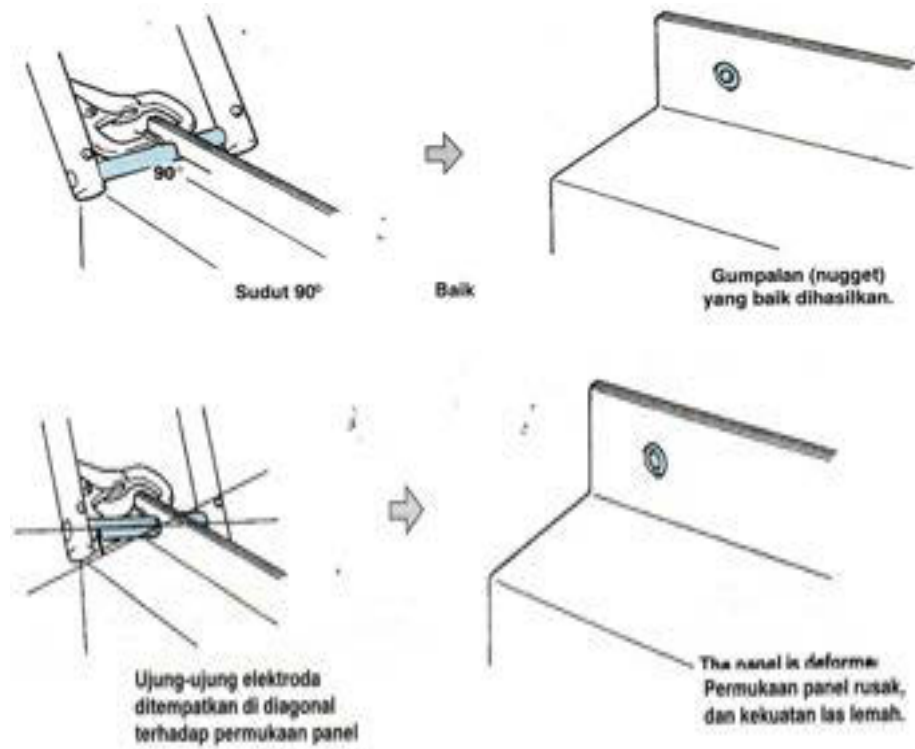
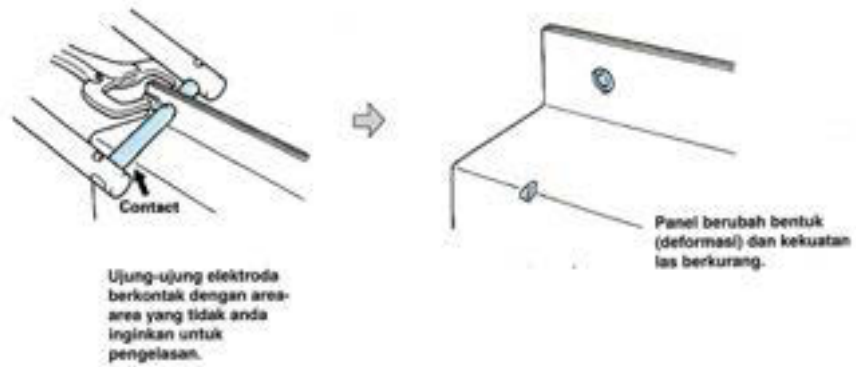
Tiga parameter penting yang harus disetel pada perangkat las yaitu tekanan, arus las dan tempo pengelasan. Kekuatan pengelasan yang tepat dapat dicapai bila perangkat las disiapkan dengan benar.

1) Tekanan

2) Arus dan Tempo Pengelasan

Arus dan tempo pengelasan harus disetel sesuai bahan dan ketebalan dari panel – panel, berdasarkan pada panduan pengoperian perangkat las.

3) Pemeriksaan Kondisi Pengelasan

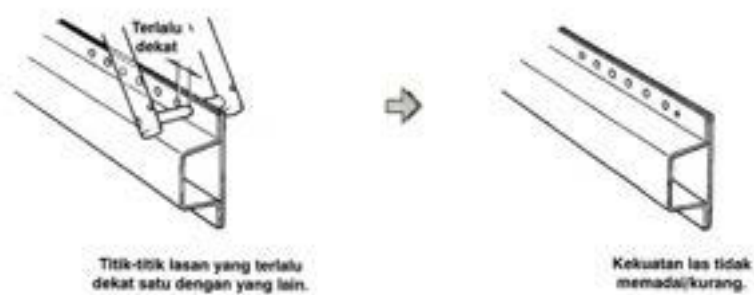
1. Las panel contoh, yang bahan dan ketebalannya sama dengan panel yang akan dilas.

2. Punter panel-panel contoh untuk mematahkannya pada lasannya.

(4) Pengelasan

1) Sudut (Angle)

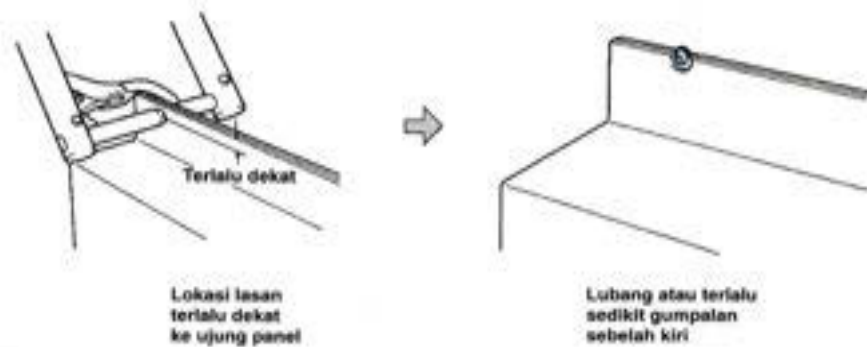
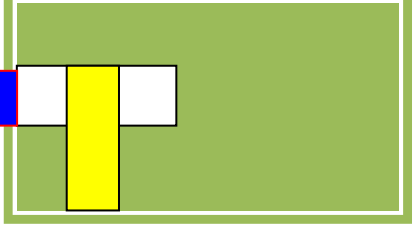
Sudut ujung-ujung elektroda yang berhubungan dengan permukaan panel harus ditahan pada sudut 90^0.

2) Factor – factor Dalam Las Titik Bersambung (Continuous Spot Welding)

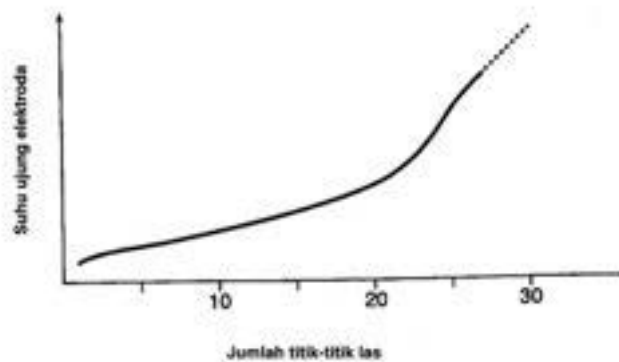
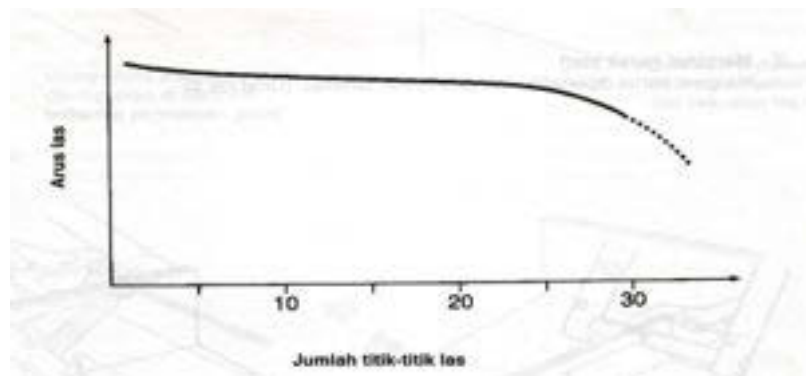
Tiga factor penting dalam las titik bersambung adalah jarak kampuh las (weld pitch), jarak samping/sisi marginal dan pendinginan ujung lengan las.

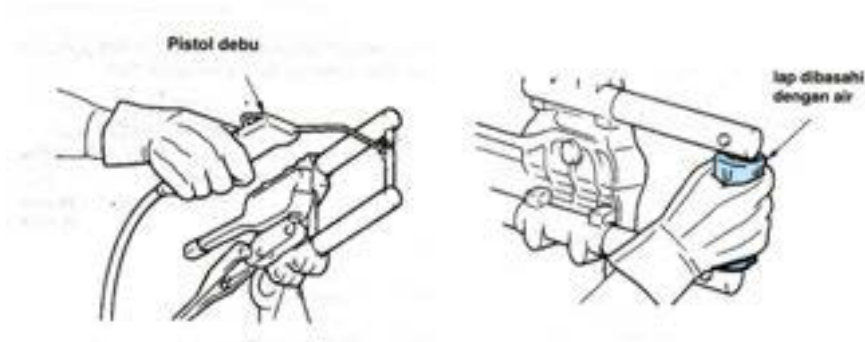
1. Jarak Kampuh Las (Weld Pitch).

   Jarah kampuh las harus dijaga pada jarak tertentu

Tidak baik

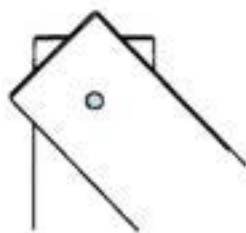
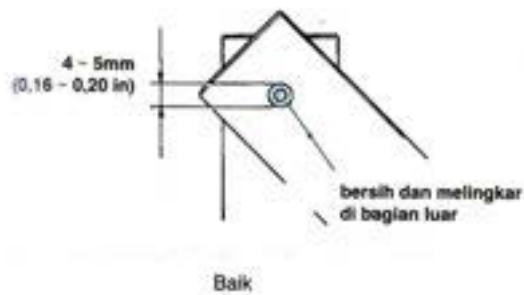
2. Marginal (jarak sisi)

   Marginal harus dipertahankan pada jarak tertentu.

3. Pendinginan Ujung Elektroda (Tip Cooling)

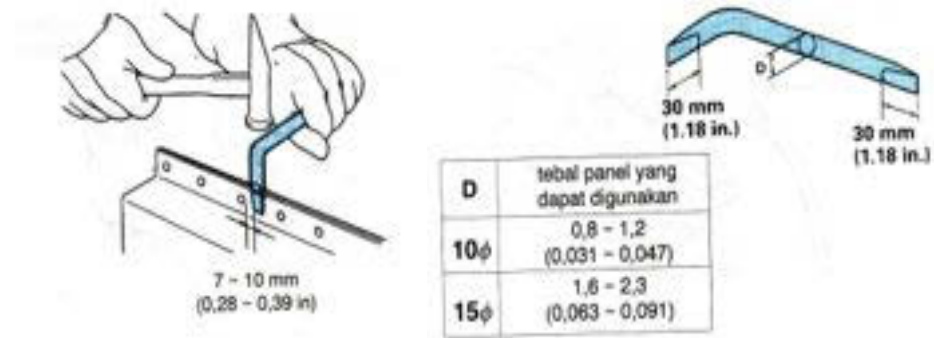
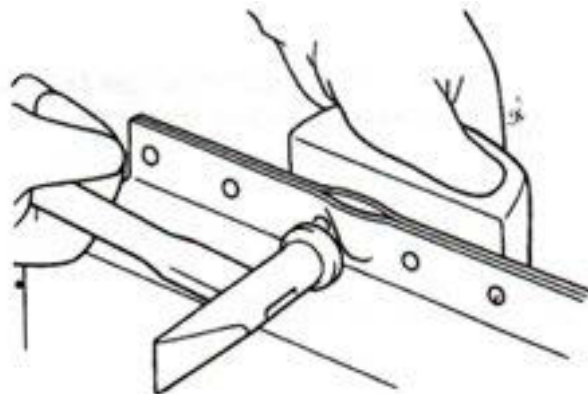
   Las titik menyambung panel-panel dengan menggunakan panas dari tahanan listrik antara panel-panel. Panas dipindahkan dan bertambah/terakumulasi di ujung-ujung elektroda dan lengan las (welding arm) setelah mengelas beberapa titik terus menerus.

Saat temperature diujung meningkat, arus las menurun atau ujung-ujung rusak lebih cepat.

Sebagai akibatnya, adalah sukar memperoleh gumpalan/kampuh(nugget) yang baik.

Dinginkan ujung – ujung dengan hembusan udara atau air dari waktu ke waktu (continue)

7) Pemeriksaan Mutu (quality)

1) Pemeriksaan tampilan

1. Amati tampilan gumpalan/nugget(kampuh)
2. Perkiraan kepaduan dari las-lasan.

2). Pemeriksaan dengan pembukaan

Local/pengrusakan.

1. Palu sebuah alat pada lokasi titik las. Bila gumpalan/nugget tidak terlepas berarti las-lasan baik.

2. Perbaiki kembali bagian yang dibuka tadi.

Referensi

Pemeriksaan dengan pembukaan disarankan kapanpun alat pengelasan telah diganti, atau saat penyatuan panel baru yang di las titik untuk pertama kali.

Keselamatan Kerja dalam pengelasan gas Oxy acetylene(karbid)dan Las titik.

Dalam melaksanakan kegiatan pengelasan,ada hal-hal yang sangat perlu diperhatikan dan dilaksananankan.

Peralatan keselamatan kerja harus dipakai setiap melaksanakan pekerjaan ini, untuk dapat terhindar dari bahaya kecelakaan, oleh sebab itu peralatan seperti ;

●Kaca mata las/topeng las/helm las, yang berfungsi untuk melindungi mata dan wajah dari bahaya sinar ataupun asap(sinar ultra violet dan ultra merah) yang ditimbulkan saat proses pengelasan dan dapat merusak mata maupun kulit wajah.kaca mata untuk las biasanya dibuat dengan bahan kaca khusus yang dapat mengurangi sinar ultra violet maupun ultra merah,biasanya warna gelap/hitam. Sinar las yang terang dan kuat itu tidak boleh dilihat mata langsung sampai jarak 16 meter.

●Sarung tangan, yang berfungsi untuk melindungi tangan dari panas/percikan api yang di hasilkan saat proses pengelasan. Sarung tangan dibuat dari bahan kulit/asbes lunak tahan panas untuk memudahkan memegang pemegang elektroda, pada waktu mengelas harus selalu dipakai kedua sarung tangan.

●Baju las/Apron, yang berfungsi untuk melindungi badan dan sebagian kaki, baju las/apron dibuat dari kulit atau asbes lunak.Bila mengelas dengan posisi diatas kepala, harus menggunakan baju las lengkap,tetapi jika mengelas pada posisi tertentu dapat menggunakan apron.

●Sepatu las,berguna untuk melindungi kaki jika terjadi semburan/percikan api las. Sepatu las dibuat dari kulit atau bahan yang tahan terhadap panas api, oleh sebab itu ketika melaksanakan pekerjaan las harus menggunakan sepatu las untuk melindungi kaki dari percikan api las maupun benda-benda lain yang dapat mengakibatkan cidera pada kaki.

Selain itu perlu diperhatikan pula sebelum pelaksanaan pengelasan, pastikan bahwa lokasi yang dipakai bebas dari benda-benda yang muda terbakar,seperti Bensin dan sejenisnya.Alat pemadam api juga perlu ada dan disiapkan,agar jika terjadi kebakaran api cepat dipadamkan sehingga tidak menjalar kemana-mana.

B. Rangkuman

1. Kata “las”diartikan sebagai proses penyambungan logam atau paduan logam dalam keadaan lumer atau cair.untuk mencairkan bagian logam/ paduan logam yang akan disambung tersebut dengan menggunakan panas.
2. Pengelasan pada umumnya dibagi kedalam tiga type:Las tekan,las lebur dan las kuningan/solder (pressure,fusion and braz welding).

3. Las Oxy-Acetylene (las asetilin) adalah proses pengelasan secara manual, dimana permukaan yang akan disambung mengalami pemanasan sampai mencair oleh nyala (flame) gas asetilin (yaitu pembakaran C_2H_2 dengan O_2), dengan atau tanpa logam pengisi, dimana proses penyambungan tanpa penekanan.
4. Las titik adalah suatu type dari las tahanan listrik yang termasuk kategori las tekan. Prinsip dasarnya adalah mengelas dengan menggunakan tekanan pada tumpukan logam dasar yang telah dijepit antara dua elektroda.

C. .Tugas

●Lakukan pengamatan dengan kelompok anda pada bengkel las terdekat dengan sekolah, bagaimana prosedur pengelasan dengan oxyacetylene.!
●Tulis hasil pengamatan berkelompok pada satu lembar kertas.!

D. e.Tes Formatif

- Petunjuk soal,

Jawablah pertanyaan dibawah ini.!

- Soal Essay

1.Apa yang dimaksud dengan las Oxyacetylene?.

2.Sebutkan 4 peralatan keselamatan kerja pada pekerjaan las oxyacetylene?.

3.Apa kegunaan peralatan bor angin pada pekerjaan las titik.?

4.Uraikan prosedur pada proses pengelasan titik.!

E. Lembar jawaban tes formatif

F. Lembar kerja peserta didik

Perintah:

●Lakukan pekerjaan las oxyacetylene tiga kali pekerjaan,dengan benda kerja/pelat yang berbeda ketebalannya,kemudian amati hasilnya dan tulis pada table dibawah ini.!

●Prosedur dan peralatan kerja silahkan dibaca kembali pada buku siswa.!

●Bandingkan antara hasil pekerjaan pertama sampai ketiga, tulis kesimpulan hasilnya dibawah table.!

No	Jenis kegiatan	Hasil yang diperoleh
1	Pengelasan pelat tebal 5mm	
2	Pengelasan pelat tebal 3 mm	
3	Pengelasan pelat tebal 1,5mm	

Kesimpulan :

B. Kegiatan belajar 2

a.Tujuan pembelajaran

Setelah siswa membaca/mempelajari buku ini,diharapkan dapat :

- Menjelaskan prinsip dan karakteristik Las CO2 (MIG) dan las elektroda.
- Menjelaskan peralatan dan perlengkapan Las CO2 (MIG) dan las elektroda.
- Menjelaskan klasifikasi las busur nyala listrik (las elektroda).
- Menjelaskan kondisi-kondisi atau parameter pengelasan.
- Menjelaskan prosedur pengelasan dengan Las CO2 (MIG) dan las elektroda.
- Menjelaskan keselamatan kerja dalam pengelasan dengan Las CO2 (MIG) dan las elektroda.

b.Uraian materi

Pengelasan dengan CO2(MIG) Metal Inert Gas dan Las Elektroda Secara Manual.

Prinsip dan karakteristik Las CO2 (MIG) dan las elektroda.

Pengelasan CO2-MIG adalah suatu type dari las busur yang termasuk ketegori las lebur. Prinsip dasar dari type ini adalah menggunakan sebuah kawat pengisi (filter wire) sebagai sebuah elektroda yang menimbulkan busur nyala (pelepasan elektris/electrical discharge) antara kawat pengisi dan logam dasar. Panas yang ditimbulkan oleh busur nyala ini melumerkan dan melebur kawat pengisi yang secara otomatis diumpamakan pada kecepatan yang tetap, oleh karenanya, pengelasan type ini juga disebut las busur semi otomatis. Juga, perisai gas dipasok oleh silinder/tabung gas melindungi las dari kontak dengan udara selama pengelasan untuk mencegah oksidasi dan nitridasi.

Dalam pengelasan CO2-Mig suatu teknik unik yang disebut "las busur hubungan singkat/short circuiting arc welding, yang dikarakteristik oleh sebuah alih tetesan (droplet transfer). Umumnya, pengelasan panel-panel tipis seperti panel-panel body kendaraan menyebabkan distorsi dan penyalaan tembus

(burn trough). Untuk tujuan pencegahan problem-problem ini, jumlah panas yang dipakai pada panel-panel harus dibatasi. Dalam pengelasan busur hubungan singkat, kawat isian yang sangat tipis digunakan untuk membangkitkan busur putus-putus (intermittent arcs), menggunakan kuat arus yang rendah dan tegangan rendah. Dengan demikian, banyak panas yang digunakan pada logamoleh busur-busurnya dijaga pada suatu tingkat yang rendah, dan penetrasian yang tipis membuat pengelasan logam tipis ini memungkinkan. Ilustrasi disebelah kanan memperlihatkan langkah –langkah yang mana tetesan beralih selama pengelasan busur hubungan singkat.

1. Istilah umum yang digunakan meliputi las busur CO2, las MAG dan las MIG.
2. Secara umum, ketika arus listrik mengalir melalui suatu fluida yang silindris (termasuk logam yang melumer) atau melalui suatu ruang busur, maka arus listrik yang sedang mengalir kea rah yang sama mempunyai karakteristik saling menarik satu dengan yang lain. Tindakan ini sebagai gaya kontraksi yang mengarahkan arus menuju pusat silinder. Fenomena ini disebut efek penjepitan/penyempitan (pinching effect) dan gayanya disebut gaya penyempitan (pinching force). Gaya penyempitan meningkat secara proporsional terhadap arus listrik.

Pengelasan CO2-MIG mempunyai karakteristik sebagai berikut :

1. Kerusakan dan penyalaan tembus pada panel yang tipis dapat dikurangi.
2. Kekuatan dan tampilan las-las an sedikit dipengaruhi oleh tingkat keterampilan operator.
3. Suhu logam yang melumer rendah dan salju logam (metal run *1) dijaga pada minimumnya, membuat semua posisi *2 pengelasan memungkinkan (sifat mampu dikerjakan dengan baik).
4. Menimbulkan terak (slag *3) yang sedikit, sehingga tak perlu dihilangkan.
5. Tidak cocok untuk pemakaian kondisi yang berangin, karena gas perisa akan tertiup angin.

Gas perisai

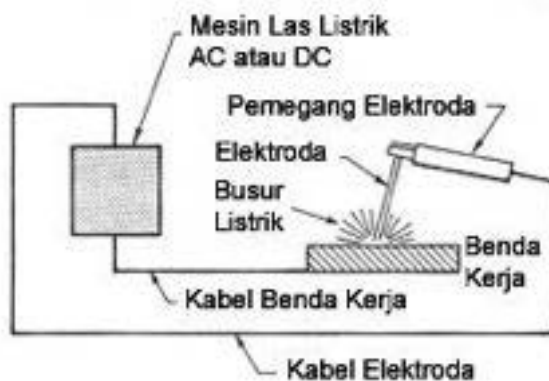
Ada beberapa type gas perisai yang digunakan dalam pengelasan CO_2-MIG yang dapat dibagi menjadi tiga type berikut.

Kebanyakan perlengkapan pengelasan yang bersifat komersil kebanyakan dapat digunakan pada las busur CO_2, MAG ataupun MIG dengan penyetelan tabung gas. Karena itu, pengelasan busur CO_2 sering disebut pengelasan MIG. Namun demikian, pengelasan MIG yang sebenarnya melibatkan penggunaan suatu gas perisai seperti argon atau helium, yang kedua-duanya adalah sepenuhnya gas-gas mulia (inert-gases). Jadi, pengelasan dengan gas karbon dioksida (yang sama sekali bukanlah gas mulia) secara teknis tidak dapat di sebut pengelasan MIG. Dalam penuntun ini, dijelaskan pengelasan CO_2-MIG yang termasuk las busur CO_2, las MAG dan las MIG.

1. Aliran logam yang mencair (sifat Fluida).
2. Posisi operator menghadapi pengelasan, ini termasuk empat posisi: rata, horizontal, vertical, dan diatas kepala.
3. Suatu hasil dekomposisi dari fluks (bahan pelapisan) yang menutup, permukaan deposit logam,. Ini mencegah oksidasi, nitridasi dan pendinginan cepat dari deposit logam.
4. Gas mulia umumnya helium, argon, krypton dan xenon. Gas gas mulia, yang kestabilannya tinggi pada golongan mereka sendiri tanpa disenyawakan dengan bahan-bahan lain, adalah efektif jika digunakan sebagai suatu gas perisai. Satu hal yang tidak menguntungkan adalah harganya yang mahal.

KARAKTERISTIK LAS ELEKTRODA

Busur nyala listrik terjadi di antara benda kerja yang akan disambung dan elektroda (dapat berupa batang atau kabel).

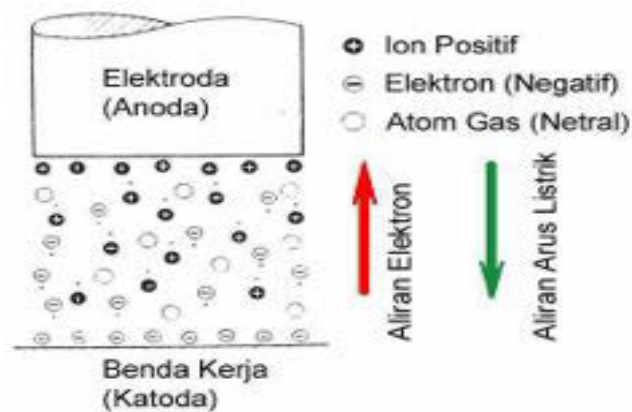
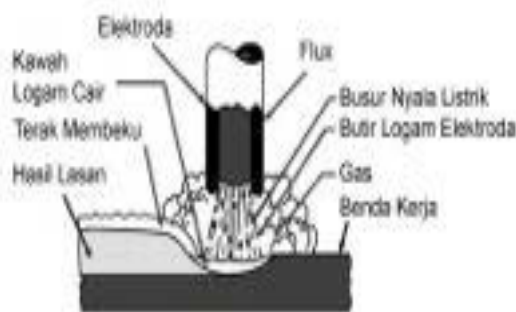
Pada umumnya, elektroda selain berfungsi sebagai penghantar arus listrik untuk menghasilkan busur nyala listrik sekaligus berfungsi sebagai bahan tambah. Bersamaan dengan timbulnya busur nyala listrik, elektroda meleleh dan mengisi celah sambungan bagian logam yang akan disambung.

Gambar Las Elektroda

Skema dasar las busur nyala listrik dapat dilihat pada gambar di atas. Sebuah mesin las dengan sumber tegangan AC ataupun DC, dihubungkan ke benda kerja menggunakan kabel. Ujung kabel satunya dihubungkan ke elektroda melalui kabel elektroda dan pemegang elektroda. Busur nyala listrik terjadi pada saat elektroda menyentuh benda kerja, kemudian secepat mungkin ditarik kembali dan diberikan jarak tertentu dengan benda kerja. Temperatur yang dihasilkan oleh busur nyala listrik mencapai 4000oC. panas yang dihasilkan akan melelehkan bagian benda kerja dan ujung elektroda, menghasilkan kubangan logam cair yang biasa disebut kawah lasan. Kawah lasan yang berupa paduan lelehan benda kerja dan elektroda akan membeku pada saat elektroda bergeser sepanjang jalur sambungan yang akan dibuat, sehingga dihasilkan sambungan las yang kuat berupa paduan logam dari bahan tambah dan benda kerja yang disambung.

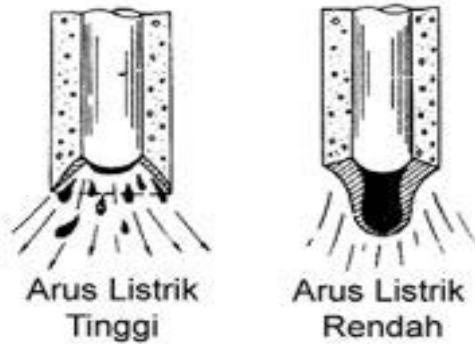
Pembentukan Busur Nyala Listrik

Sumber listrik dihubungkan ke benda kerja sedemikian rupa sehingga kutup sumber yang satu terhubung ke benda kerja (berfungsi sebagai katoda), kutup yang lain dihubungkan dengan elektroda (berfungsi sebagai anoda). Pada saat

elektroda didekatkan /ditempelkan ke benda kerja, akan terjadi hubungan singkat antara kutup-kutup sumber listrik.

Elektron mengalir dengan kecepatan tinggi dari kutup katoda (benda kerja) ke kutup anoda, (yang berupa elektroda) melompati ruang udara diantara katoda dan anoda. Aliran elektron menimbul-kan aliran Ion positif dari kutup anoda ke kutup katoda, yang kita istilahkan sebagai aliran arus listrik. Arus listrik yang melompat melalui ruang udara kita lihat sebagai busur nyala listrik. Semakin besar aliran arus listrik yang terjadi, busur nyala listrik yang tercipta juga semakin besar.

Gambar pembentukan busur nyala listrik

Gambar peleburan butiran logam oleh busur nyala listrik.

Terciptanya busur nyala listrik menimbulkan panas yang sangat tinggi, sehingga ujung elektroda mencair membentuk butir-butir logam yang diantarkan oleh busur nyala listrik menuju kampuh sambungan yang dikehendaki dan menyatu dengan logam dasar yang mencair. Proses pemindahan logam elektroda itulah yang kita manfaatkan untuk melakukan pengelasan. Apabila arus listrik yang mengalir besar, butir-butir logam akan menjadi halus. Tetapi jika arus listriknya terlalu

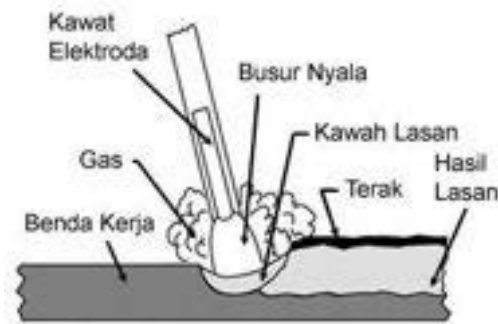
besar, butir-butir logam tersebut akan terbakar sehingga kampuh sambungan menjadi rapuh.

Gambar peleburan butiran logam elektroda

Besar kecilnya butir-butir cairan logam elektroda juga dipengaruhi oleh komposisi bahan fluks yang dipakai sebagai pembungkus Elektroda. Selama pengelasan fluks akan mencair membentuk terak dan menutup cairan logam lasan. Selama proses pengelasan, fluks yang tidak terbakar akan berubah menjadi gas. Terak dan gas yang terjadi selama proses pengelasan tersebut akan melindungi cairan logam lasan dari pengaruh udara luar (oksidasi) dan memantapkan busur nyala listrik. Dengan adanya fluks, pemindahan logam cair Elektroda las menjadi lancer dan stabil.

Perlindungan Terhadap Busur Nyala Listrik

Bagaimanapun, proses pengelasan busur nyala listrik tidak hanya sekedar menggeser elektroda sepanjang jalur sambungan. Pada suhu tinggi, logam memiliki kecenderungan mudah bereaksi terhadap zat-zat yang terkandung dalam udara, terutama terhadap oksigen dan nitrogen.

Pada saat pengelasan, apabila terjadi kontak langsung antara kawah lasan dengan udara bebas, oksid dan nitrid akan terbentuk sehingga menurunkan kekuatan dan keuletan sambungan. Oleh karenanya kebanyakan jenis las busur nyala listrik memberikan perlindungan terhadap busur nyala dan kawah lasan dengan lapisan gas pelindung, uap atau terak. Perlindungan terhadap busur nyala listrik akan mengurangi hubungan kawah lasan dengan udara bebas sehingga melindungi sambungan lasan dari proses oksidasi yang akan merusak mutu lasan. Gambar berikut ini menunjukkan ilustrasi perlindungan busur nyala

listrik dan kawah lasan pada las busur nyala listrik dengan Elektroda terbungkus. Fluks (*extruded covering*) yang digunakan untuk membungkus elektroda berfungsi menghasilkan gas dan terak. Gas berfungsi sebagai pelindung kawah lasan, sedangkan terak yang dihasilkan berfungsi untuk melindungi sambungan las dari oksidasi akibat terhubung dengan udara luar.

Gambar Ilustrasi Perlindungan Terhadap Kawah Lasan dan Sambungan Las pada las Busur Nyala Listrik dengan Elektroda Terbungkus

Peralatan dan perlengkapan las CO2(MIG) dan las elektroda

Perlengkapan pengelasan terdiri dari sebuah (torch), pengumpan kawat (wire feeder), tabung gas perisai, alat pengotrol dan sebuah sumber daya. Beberapa type perlengkapan las yang diperlihatkan dibawah ini yang akan digunakan sebagai sebuah contoh. Namun metoda-metoda operasi dan konstruksi dasar dari model-model yang lain adalah sama.

(1) Torch

Disamping penyemburan gas perisai pada area yang dilas, arus pengelasan dihantarkan dari torch ke kawat isian untuk menyalakan busur. Torch juga dilengkapi dengan sebuah sakelar (switch) pada pemegangnya yang memudahkan operator memulai dan mengakhiri pengelasan.

(2) Pengumpan kawat

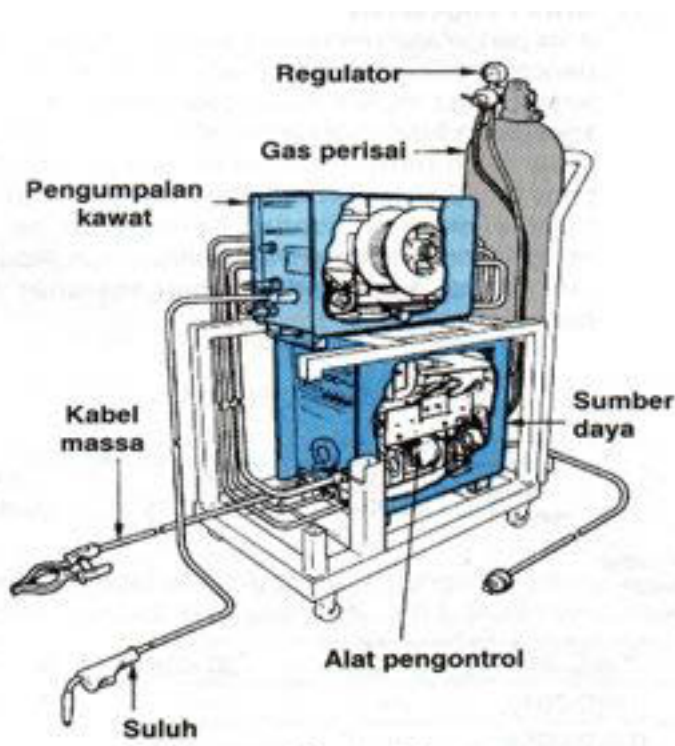
Sebuah alat untuk mengumpan kawat ke torch. Kawat diumpamakan pada kecepatan tetap sesuia arus las dan tegangan yang digunakan.

(3) Peralatan suplai gas perisai

Suatu alat yang menghantarkan gas perisai dari tabungnya ke torch. Terdiri dari satu regulator yang mengurangi tekanan dari gas yang

bertekanan tinggi di dalam tabung dan juga mengontrol alirannya, dan sebuah katup elektro magnit yang membuka dan menutup aliran gas.

(4) Alat pengontrol

Sebuah rangkaian elektronik yang dibuat dari beberapa bahan semi konduktor yang disimpan dalam area sumber daya. Saat sinyal dari sakelar torch diterima alat pengontrol akan memerintahkan kepada pengumpan kawat untuk mengumpan, arus pengelasan untuk membuka atau menutup, dan kepada gas perisai untuk mengalir atau berhenti. Pada fungsi – fungsi ini, yang terpenting adalah mengontrol pengumpanan kawat yang memulai dan menyetop pengumpan kawat

Gambar mesin las CO2 MIG

dan mengatur kecepatan pengumpanan kawat sesuai arus dan tegangan yang digunakan. Pengontrolan ini didesain untuk menjaga panjang busur nyala pada suatu panjang yang tetap.

(5) Sumber daya

Suatu alat untuk mensuplai tenaga listrik yang dibutuhkan untuk membangkitkan busur-busur nyala.

Mesin Las

Mesin las busur nyala listrik merupakan alat pengatur tegangan dan arus listrik yang akan dimanfaatkan untuk menghasilkan busur nyala listrik. Sumber arus listrik yang digunakan dapat berupa listrik arus searah (*direct current* / DC) maupun arus bolak-balik (*alternating current* / AC).

Mesin las busur nyala listrik dengan sumber arus AC banyak digunakan. Dengan arus AC maka tidak terdapat kutup positif ataupun kutup negatif. Mesin las busur nyala listrik arus AC menggunakan tegangan rendah dan arus tinggi, misalnya 30 V – 180 A. apabila menggunakan sumber arus listrik dari jaringan listrik PLN, digunakan transformator untuk menurunkan tegangan. Pada mesin las arus AC, busur nyala listrik yang ditimbulkan tidak stabil (berfluktua-si), sehingga awal penyulutannya lebih susah daripada mesin las arus DC. Mesin las arus AC lebih sesuai menggunakan Elektroda terbungkus (dengan fluks) dan lebih ekonomis apabila digunakan untuk melakukan pengelasan platplat tipis.

Gambar mesin las elektroda

b. Kabel Las

Kabel las merupakan kabel tembaga yang disekat dengan baik dan penampangnya bertambah besar seiring dengan kekuatan arus dan panjang

kabel. Kabel aluminium menuntut penampang yang lebih besar. Sambungan dan penghubung kabel harus disekat baik dan menghasilkan kontak yang erat.

Gambar kabel dan mesin las

c. Pemegang Elektroda

Pemegang Elektroda (*Electrode Holder*) harus disekat penuh terhadap arus dan konstruksinya dibuat sedemikian rupa sehingga tidak menyalurkan panas las ke tangan operator.

Gambar pemegang elektroda

d. Elektroda (*Electrode*)

Elektroda yang digunakan dalam las busur dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu : *Elektroda polos*, *Elektroda inti* dan *Elektroda terbungkus.*

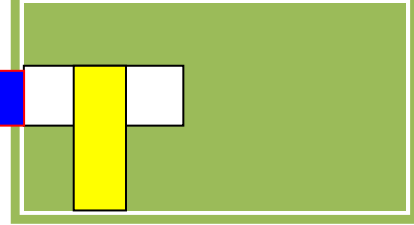
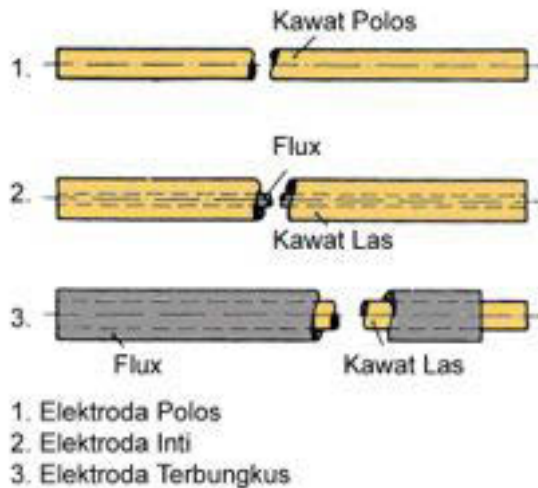
Gambar elektroda

Elektroda Polos

Sesuai dengan namanya, Elektroda polos adalah Elektroda yang tidak menggunakan fluks, sehingga hanya berbentuk kawat yang ditarik. Dengan demikian Elektroda ini tidak dapat mencegah masuknya udara ke dalam kawah lasan, yang berakibat pada rapuhnya sambungan las. Busur api yang dihasilkan tidak stabil dan terputus-putus, penyulutannya pun sukar dilakukan. Proses pengelasan banyak menimbulkan percikan, dampak bakar dangkal, dan tidak menghasilkan terak maupun gas. Keuntungan dari pengguna-an Elektroda polos adalah jalur las dapat diamati dengan jelas dan penyusutan relatif kecil. Elektroda polos lebih cocok digunakan untuk mesin las arus searah dengan penggunaan beban yang relatif kecil.

Elektroda Inti

Berbeda dengan Elektroda polos, Elektroda inti adalah kawat yang ditengahnya terdapat inti yang berfungsi sebagai fluks. Percikan yang ditimbulkan Elektroda inti relatif sedikit dibanding Elektroda polos. Elektroda inti tidak tahan terhadap udara lembab, hasil pengelasan mempunyai kekuatan yang cukup tinggi, tetapi pada daerah lasan mempunyai penyusutan yang lebih besar daripada Elektroda polos.

Apabila dibandingkan dengan Elektroda terbungkus, Elektroda ini mempunyai daya leleh dan kecepatan leleh yang rendah, sehingga penggunaannya terbatas

pada kasus-kasus istimewa saja. Elektroda inti dapat digunakan pada mesin las arus AC maupun arus DC.

Gambar Jenis Elektroda Las Busur Nyala Listrik

Elektroda Terbungkus

Elektroda terbungkus merupakan kawat polos yang dibungkus dengan bahan fluks. Elektroda dengan lapisan fluks yang tipis biasanya digunakan untuk mesin las arus DC, sedangkan lapisan fluks yang tebal digunakan untuk mesin las arus AC. Elektroda terbungkus memili-ki sifat yang lebih baik apabila dibandingkan dengan Elektroda polos maupun Elektroda inti, yakni : mudah disulut, busur nyala listrik yang dihasilkan lebih stabil, dan kawah lasan terlindungi fluks dengan baik. Dengan demikian hasil pengelasan menggunakan Elektroda terbungkus mempunyai Keuletan dan kekuatan yang sangat tinggi. Kekurangan dari penggunaan elektroda terbungkus adalah penyusutan yang tinggi pada daerah sambungan las dan kesulitan dalam mengamati jalur sambungan lasan.

Gambar elektroda terbungkus

Pengkodean Elektroda Terbungkus

Pengelompokan elektroda terbungkus yang ditetapkan oleh AWS dan JIS dituangkan dalam kode huruf dan angka, sebagai contoh :

Tabel. Pengkodean Elektroda Terbungkus

E 60 1 3

Menunjukkan jenis arus, bahan fluks, polaritas dan penetrasi yang dihasilkan. 0 : Fluks dari Natrium Selulosa Tinggi, Arus DC, Polaritas Balik. 1 : Fluks dari Kalium Selulosa Tinggi, Arus AC atau DC dengan Polaritas Rendah. 2 : Fluks dari Natrium Titania Tinggi, Arus AC atau DC, Polaritas Ganda. 3 : Fluks dari Kalium Titania Tinggi, Arus AC atau DC, Polaritas Ganda. 4 : Fluks dari Serbuk Besi Titania, Arus AC atau DC, Polaritas Ganda. 5 : Fluks dari Natrium Hidrogen Rendah, Arus DC, Polaritas Balik. 6 : Fluks dari Kalium Hidrogen Rendah, Arus AC atau DC, Polaritas Balik. 7 :Fluks dari Serbuk Besi dan Oksida Besi, Arus DC, PolaritasLurus atau Ganda. 8 : Fluks dari Serbuk Besi Hidrogen Rendah, Arus AC atau DC, Polaritas Balik.
Menunjukkan posisi pengelasan. 1 : Elektroda digunakan untuk semua posisi. 2 : Elektroda digunakan untuk posisi di bawah tangan dan horisontal. 3 : Elektroda digunakan untuk posisi di bawah tangan.
Menunjukkan kekuatan / kekuatan tarik (x 1000 psi). 60 : Kekuatan / kekuatan tarik 60 x 1000 psi.
Huruf E menyatakan Elektroda digunakan untuk las busur nyala listrik.

* Polaritas lurus diterapkan pada posisi pengelasan horisontal, terutama untuk kampuh sudut. Polaritas ganda diterapkan pada posisi datar atau di bawah tangan.

Ukuran Diameter Elektroda

Ukuran diameter Elektroda berhubungan erat dengan arus yang diijinkan dan tebal pelat yang akan dilas. Informasi selengkapnya dapat dicermati pada tabel di bawah ini.

Tabel . Hubungan diameter Elektroda terhadap arus listrik
dan tebal pelat yang diijinkan

Tebal Pelat		Arus	Diameter Elektroda	
mm	Swg	Ampere	mm	Inch
1,62	16	40 – 60	1,6	1/16
2,03	14	60 – 80	2,4	3/32
2,64	12	100	3,2	1/8
3,18	1/8"	125	3,2	1/8
3,25	10	125	3,2	1/8
4,06	8	160	4,8	3/16
4,76	3/16"	190	4,8	3/16
4,88	6	190	4,8	3/16
5,89	4	203	6,4	¼
6,35	¼"	250	6,4	¼
7,01	2	275 – 300	7,9	5/16
8,23	0	300 – 400	7,9	5/16
8,84	00	400 – 600	8,5	3/8

e. Bahan Tambah (Fluks)

Bahan fluks dibuat dari berbagai bahan mineral, antara lain oksida logam, karbonat, silikat, florida, zat organik, baja paduan, dan serbuk besi. Bahan fluks tersebut berfungsi sebagai berikut:

a) Memudahkan penyulutan dan pemantap busur selama proses pengelasan berjalan.

b) Meningkatkan dampak bakar (penetrasi).

c) Sebagai bahan pengisi pada kampuh sambungan.

d) Memperlancar pemindahan butir cairan logam elektroda.

e) Pembentuk terak dan gas, melindungi cairan logam lasan dari pengaruh udara luar (sebagai deoksidator).

Pakaian Mengelas

Pakaian mengelas diperlukan untuk melindungi tubuh pekerja selama melaksanakan pekerjaan mengelas maupun pada saat berada di lingkungan pengelasan. Pekerjaan las *busur listrik* menimbulkan radiasi, panas dan percikan bara api yang dapat menimbulkan rasa pedih dan terbakar pada kulit dan mata.

Pakailah pakaian mengelas khusus, *appron* atau pakaian yang terbuat dari bahan tahan panas dan percikan api, misalnya pakaian yang terbuat dari bahan

kulit atau jeans tebal. Sarung tangan las juga diperlukan apabila dapat menambah kenyamanan dalam melaksanakan pengelasan.

Gambar pakaian kerja dan sarung tangan las

Topeng las

Nyala dan percikan logam cair pada las *busur listrik* memancarkan sinar ultraviolet dan infra merah. Sinar ini membahayakan pada mata. Untuk mencegah bahaya ini diperlukan topeng las. Lensa topeng las merupakan kaca gelap. Tingkat kegelapan kaca bagian dalam bervariasi, penggunaannya dapat disesuaikan menurut kenyamanan. Panduan memilih tingkat kegelapan kaca topeng las dapat dilihat pada halaman lampiran bab ini.

Gambar Topeng Las

Pembersih Terak

Terak (*flux*) yang melekat pada sambungan lasan dapat dihilangkan dengan mudah selagi benda kerja dan terak dalam keadaan panas. Untuk membersihkan terak diperlukan palu terak dan sikat kawat baja, disamping itu juga diperlukan tang penjepit untuk mengambil dan memegang benda kerja.

Gambar Sikat Kawat dan Palu Terak

Klasifikasi las busur nyala listrik(las elektroda)

Las merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menyambung dua bagian logam menjadi satu bagian yang kuat dengan memanfaatkan energi panas. Apabila las oxyacetylene menggunakan panas dari gas karbit dan oksigen, pad alas busur nyala listrik ini, panas diambil dari arus listrik yang mengalir diantara dua logam.

Energi panas disalurkan pada ujung-ujung bagian logam yang akan disambung hingga bagian tersebut meleleh.

Pada saat yang sama bahan tambah (yang juga berada dalam kondisi meleleh) ditambahkan ke dalam lelehan kedua bagian logam yang akan disambung. Bahan tambah beserta kedua bagian logam yang dilelehkan berpadu membentuk ikatan metallurgi sehingga setelah dingin membeku dan dihasilkan ikatan sambungan yang kuat.

Selama di dalam proses pengelasan terjadi peleburan dan perpaduan antara bahan tambah dan kedua bagian logam yang akan disambung, kekuatan sambungan yang dihasilkan proses pengelasan sama dengan kekuatan bahan dasar logam yang disambung.

Las busur nyala listrik merupakan metode pengelasan yang memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber panas.

Arus listrik yang cukup tinggi dimanfaatkan untuk menciptakan busur nyala listrik (*Arc*) sehingga dihasilkan suhu pengelasan yang tinggi, mencapai 4000°C.
Sumber arus listrik yang digunakan dapat berupa listrik arus searah (*direct current* / DC) maupun arus bolak-balik (*alternating current* / AC).
Terdapat beberapa macam las busur nyala listrik, yang diklasifikasikan sebagai berikut :

a) Las busur listrik elektroda terbungkus (*Shielded Metal ArcWelding / SMAW*).

   Elektroda terbungkus merupakan kawat polos yang dibungkus dengan bahan fluks. Elektroda dengan lapisan fluks yang tipis biasanya digunakan untuk mesin las arus DC, sedangkan lapisan fluks yang tebal digunakan untuk mesin las arus AC. Elektroda terbungkus memili-ki sifat yang lebih baik apabila dibandingkan dengan Elektroda polos maupun Elektroda inti, yakni : mudah disulut, busur nyala listrik yang dihasilkan lebih stabil, dan kawah lasan terlindungi fluks dengan baik. Dengan demikian hasil pengelasan menggunakan Elektroda terbungkus mempunyai Keuletan dan kekuatan yang sangat tinggi. Kekurangan dari penggunaan elektroda terbungkus adalah penyusutan yang tinggi pada daerah sambungan las dan kesulitan dalam mengamati jalur sambungan lasan.

b) Las busur listrik dengan pelindung gas (*TIG/Wolfram, MIG, CO2*).

c) Las busur listrik dengan pelindung bukan gas.

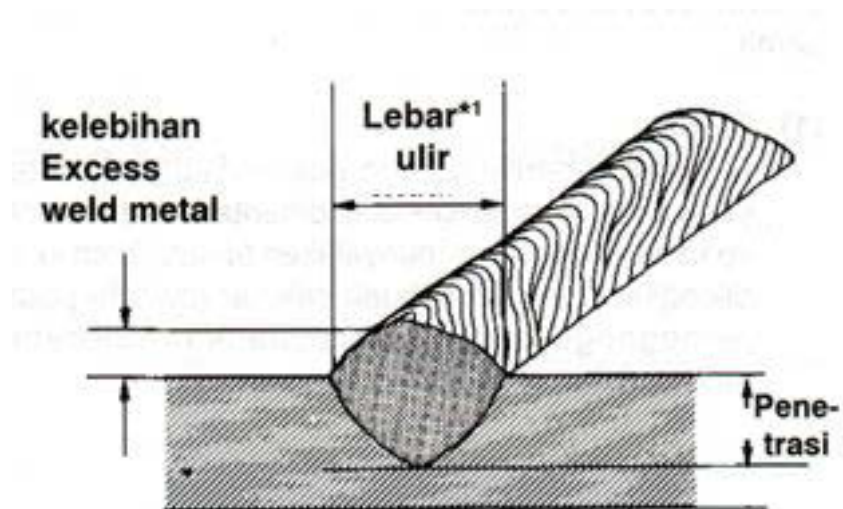
Gambar Pekerjaan Mengelas menggunakan las busur nyala listrik

Las busur nyala listrik dengan elektroda terbungkus merupakan jenis pengelasan yang banyak digunakan, sehingga pembahasan las busur nyala listrik pada buku ini dibatasi mengenai las busur nyala listrik dengan Elektroda terbungkus (SMAW).

Kondisi-kondisi atau parameter pengelasan

Beberapa factor yang mempengaruhi pengelasan adalah: arus pengelasan, tegangan busur, laju aliran gas perisai, jarak ujung ke metal dasar, sudut torch, arah pengelasan dan kecepatan pengelasan. Dari factor-faktor ini, arus pengelasan, tegangan busur, dan besarnya laju aliran gas perisai harus diatur sesuai pada masing-masing penuntun operasi.

(1) Arus pengelasan

Arus pengelasan mempunyai efek yang besar pada penetrasian logam dasar (kedalam peleburan yang terjadi pada logam dasar saat pengelasan) dan kecepatan fusi/lebur dari kawat. Arus pengelasan juga mempengaruhi stabilitas busur dan banyaknya percikan (spatter) dimana terak dan partikel-partikel logam bertaburan selama pengelasan. Didalamnya peretrasi dan lebar ulir las(bead) keduanya meningkat saat arus pengelasan membesar.

Gambar kondisi pengelasan

Tebal Panel mm (in) / Diameter kawat mm(in)	0.6 (0.024)	0.8 (0.031)	1.0 (0.039)	1.2 (0.047)	1.6 (0.063)	2.3 (0.091)	3.2 (0.126)
0.6(0.24)	20-30A	30-40A	40-50A	50-60A			
0.8(0.031)			40-50A	50-60A	60-90A	100-120A	
0.9(0.035)					60-90A	100-120A	120-150A

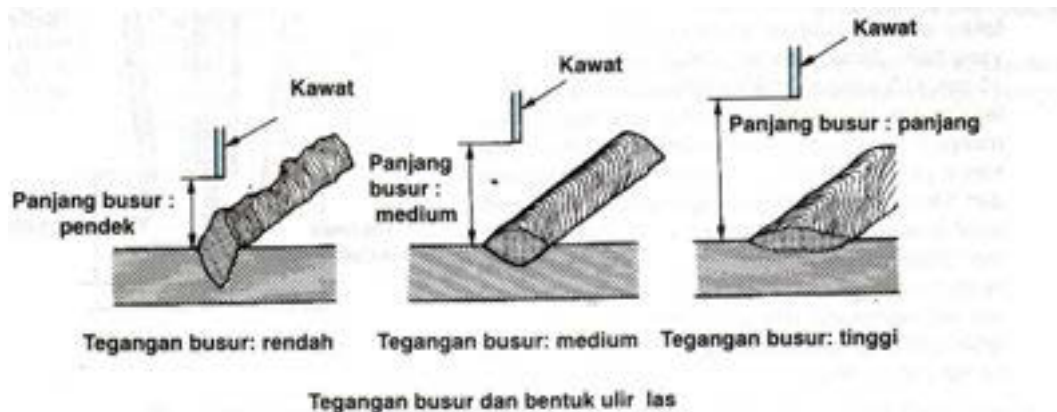
Tabel perbandingan tebal panel dengan diameter kawat

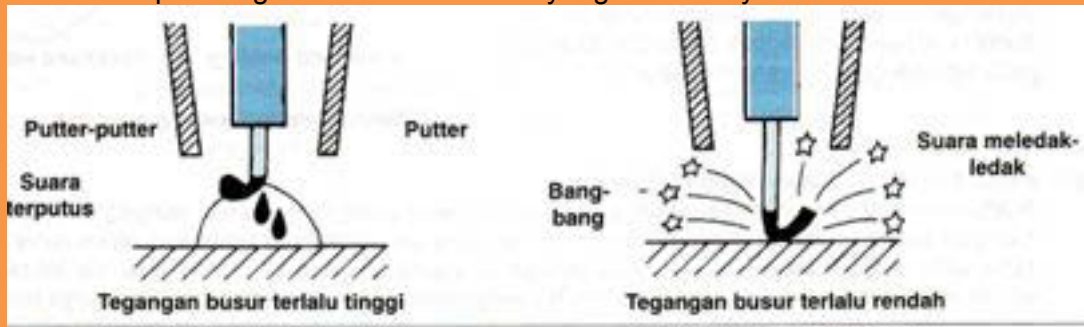
(2)Tegangan Busur (Art Voltage)

Untuk memperoleh suatu pengelasan yang baik,panjang busur adalah penting. Panjang busur ditentukan oleh tegangan busur.

a.Bila tegangan busur tepat,maka sebuah lasan yang baik tercapai.

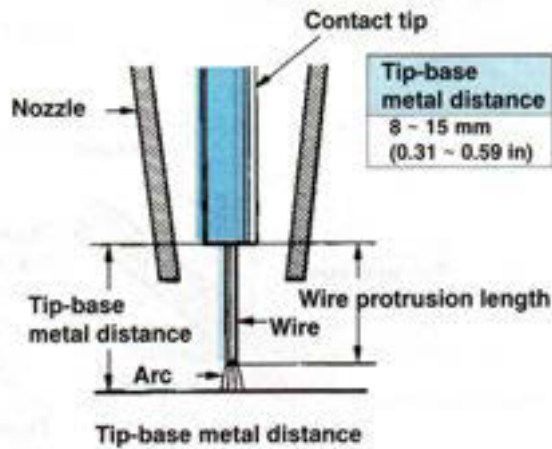
b.Bila tegangan busur dinaikan, maka panjang busur bertambah. Genangan adonan logam (motel pool) akan juga meluas dan penetrasian menjadi lebih dangkal.

c.Bila tegangan busur diturunkan,panjang busur akan memendek, akibatnya kawat dapat tercelupkan kedalam genangan donan logam,dapat terjadi banyak percikan dan ulir las bertumpukan (overlap).

Gambar tegangan busur dan bentuk ulir las

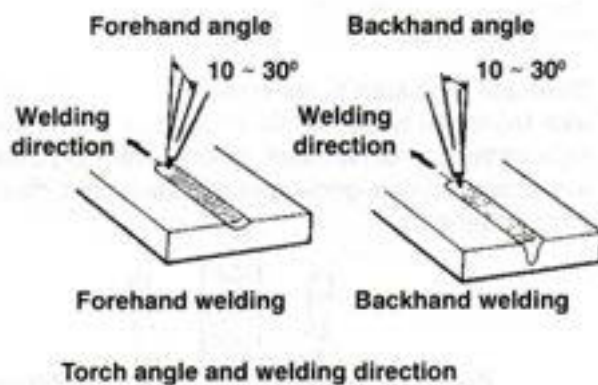
Referensi:
Bilamana tegangan busur pada keadaan yang tepat maka, akan tepat terdengar suara dengungan yang bagus. Jika tegangan busur terlalu tinggi, panjang busur cenderung menjadi panjang,dan banyaknya percikan juga bertambah bersamaan dengan suara terputus sebaliknya, Jika tegangan busur terlalu rendah, kawat tercelup/terbenam kedalam genangan adonan logam, dan mengeluarkan suara ledakan tanpa menghasilakn suatu busur yang sebenarnya.

(3)Jumlah Aliran Gas Perisai (Flow Rate)

Hati-hati jangan menggunakan terlalu banyak aliran gas perisai. Bila aliran berlebihan, ini dapat menyebabkan adanya gangguan dan mengakibatkan suatu efek lapisan yang buruk. Jumlah standart nilai aliran gas perisai adalah antara 10-15 liter/menit(10.6 sampai 15.9 US qts/min ;8.8 sampai 13.2 Imp.qts/min. dan harus diatur sesuai jaak antara pipa pancar(nozle) dengan logam dasar arus las. Kecepatan pengelasan dan lingkungan pengelasan (laju angin).

(4)Jarak Metal dasar-Ujung Elektroda

Jarak antara ujung elekroda kelogam dasar adalah factor penting lainya untuk memperoleh lasan yang baik. Jarak standar adalah antara 8 sampai 15 mm(0,3 sampai 0,59 in). Bila jarak terlalu besar, laju pencairan logam melting rate dari kawat menjadi cepat juga. Ini dikarenakan panjangnya kawat yang menjulur dari ujung kontak bertambah dan perpanjangan ekstra ini jadi terpanaskan lebih awal (preheated). Akibatnya arus akan menurun, menghasilkan penetrasian yang dangkal. Juga bila jarak terlalu besar,efek perisai dari gas akan menjadi berkurang. Bila terlalu kecil, akan membuat lebih sulit bagi operator untuk melihat bagian yang sedang akan di las.

Gambar jarak metal dasar dengan ujung elektroda

(5)Sudut Torch dan Arah pengelasan

Ada dua tipe arah pengelasan, seperti gambar dalam ilustrasi dibawah. Suatu pengelasan miring kedepan (forehand welding) akan menghasilkan suatu ulir las yang lebih medatar (flatter bead) dengan penetrasian yang lebih dangkal, sementara pengelasan miring kebelakang (back hand welding) akan menghasilkan suatu ulir las penetrasian yang dalam dan berlebihan. Sudut torch hendaknya antara 10 sampai 30 derajat pada tipe pengelasan yang manapun.

Gambar sudut torch dan arahan pengelasan

(6)Kecepatan Pengelasan (Welding Speed)

Suatu penetrasi yang kuat dan lebar yang tetap dapat dicapai saat operasi pengelasan yang dilakukan menggunakan arus las yang benar dan kecepatan yang sesuai dengan ketebalan logam dasar. Pada arus listrik yang tetap (konstan), kenaikan kecepatan las menurun penetrasian dan lebarnya. Ini menimbulkan ulir las yang menggelembung dan kekuatan las yang efisien tidak dapat tercapai. Sebaiknya bila kecepatan pengelasan diturunkan, logam dasar menjadi kelebihan panas, mengakibatkan penembusan panas (burn throught). Secara normal,sebuah panel yang tipis berukuran kira-kira 0.8 mm(0.031 in) tebalnya dilas dengan kecepatan 105 sampai 115 cm/menit (45.28 in/mm). Umumnya, kecepatan pengelasan menurun bersamaan dengan bertambahnya ketebalan logam dasar.

Kecepatan Pengelasan

Tebal Lembaran mm (in)	Kecepatan Pengelasan cm/menit (inchi/menit)
0.8 (0.031)	105 ~ 115 (41.34 ~ 45.28)
1.0 (0.039)	100 (39.37)
1.2 (0.047)	90 ~ 100 (35.43 ~ 39.37)
1.6 (0.063)	80 ~ 85 (31.50 ~ 33.46)

Tabel kecepatan pengelasan

Prosedur pengelasan dengan las CO2(MIG) dan las elektroda

Prosedur pengelasan dengan Las CO2(MIG)

Sebelum melakukan proses pengelasan dengan menggunakan las CO2(MIG) ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dan dilaksanakan agar memperolah hasil pengelasan yang baik. Beberapa petunjuk pemeliharaan suluh:

1. Kawat isian (Filler wire)

   Bila ujung kawat membentuk bola besar, itu akan menyulitkan pembuatan suatu busur,jadi potong ujung pangkal kawat dengan sebuah alat pemotong kawat.

Gambar cara pemotongan kawat las CO2(MIG)

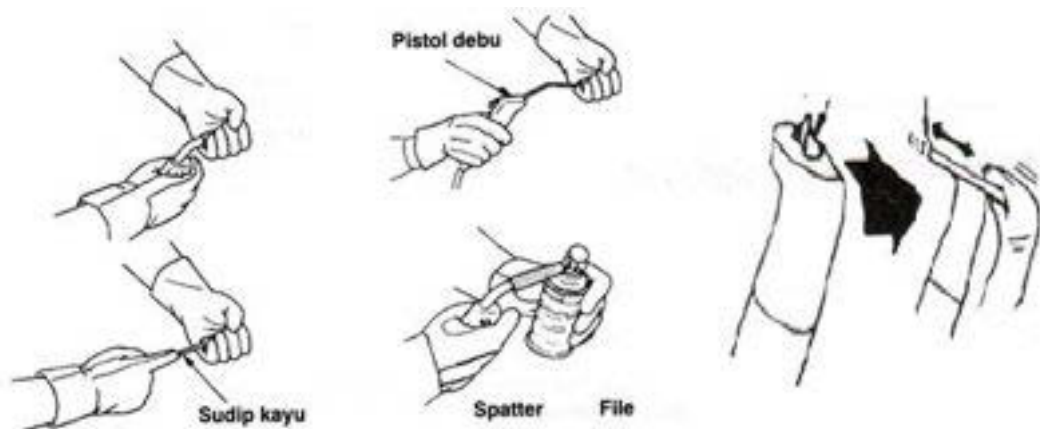
2. Nosel

   Bila kerak-kerak menempel pada nosel, gas perisai tidak akan mengalir dengan baik, hilangkan kerak-kerak itu menuruti metoda dibawah ini.

   a.Lepaskan nosel dari suluh

   b.Kikis/bersihkan kerak tersebut

   c. Semprot dengan angin

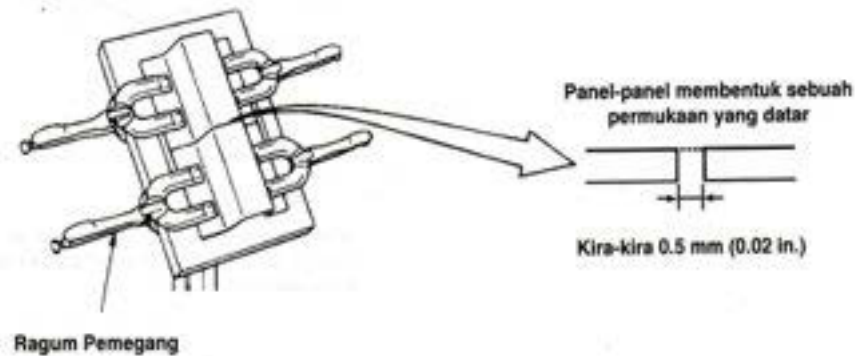
   d. Pasang nosel kesuluh

Gambar pembersihan Nosel

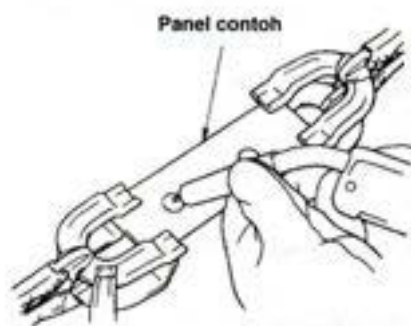
3. Bila kerak menempel pada pangkal ujung kontak(end of contact tip), kawat isian (filler wire) tidak keluar dengan lancar,jadi lepaskan kerak itu dengan alat yang sesuai.
   Bila ujung kontak menjadi aus,busur-busur yang mantap stabil tidak akan terbentuk, jadi ujung kontak itu harus diganti.

Gambar kondisi ujung kontak

Ada 2 proses pengelasan dengan las CO2(MIG) yaitu,**Las ujung(Butt Welding) dan Las sumbat (Plug welding).** Sebagai salah satu contoh prosedur pengelasan pada Las ujung seperti dibawah ini.

(1) Posisikan panel

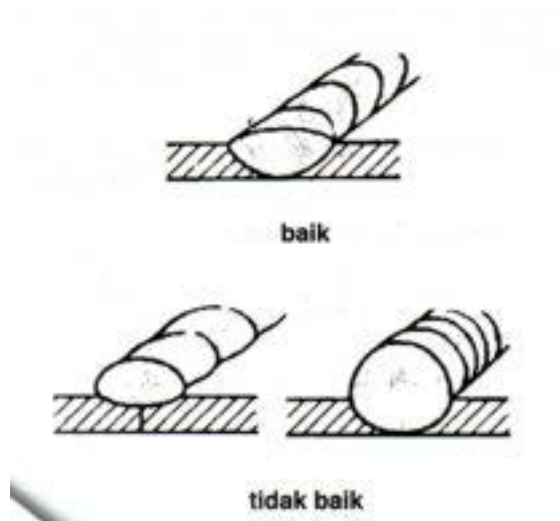
Posisikan kedua potong panel bersamaan.

Gambar posisi panel

(2) Siapkan perangkat las

Gambar penyiapan perangkat las

●Tiap parameter dari perangkat las disetel sesuai penuntun pengoperasian.

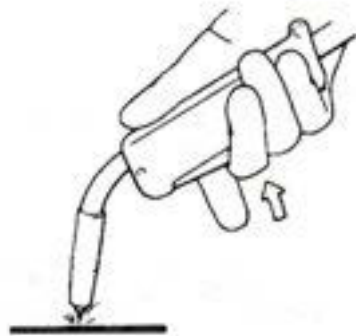
●Timbulkan sebuah busur terhadap sebuah panel contoh yang bahan dan tebalnya sama seperti panel yang akan dilas.

● Amati penetrasian las dan ulir-ulir las(bead).

● Tentukan perlu tidaknya perlengkapan las disetel dengan benar.

Gambar kondisi las

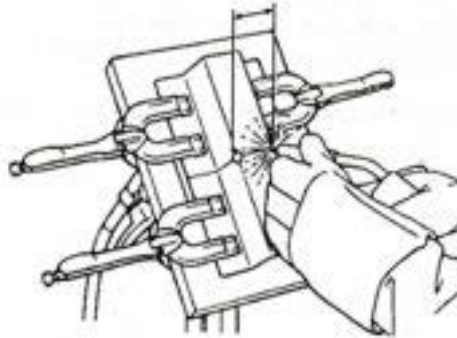
Referensi:

Menimbulkan Busur(Arc Generation)

- Posisikan ujung nosel terhadap panel
- Hidupkan saklar suluh (ON), Bawa pangkal kawat isian (filler wire) bersentuhan dengan panel dan ciptakan sebuah busur.

Saat jarak antara ujung dan panel dipendekan sedikit, ini akan memudahkan untuk menimbulkan sebuah busur.

Gambar posisi ujung nosel terhadap panel

(3) Pengelasan Tack(Tack Weld)
Kedua potong panel dilas Tack bersama.

Jarak kampuh : Tebal panel x15~30

Referensi:

Las tack dilakukan untuk menjamin posisi/dudukan panel-panel satu dengan yang lain,yang membantu pencegahan distorsi panas yang mungkin dapat terjadi selama proses pengelasan utama

Gambar pengelasan Tack(Tack weld)

Catatan penting saat memegang busur seperti yang dapat dilihat pada gambar dibawah.

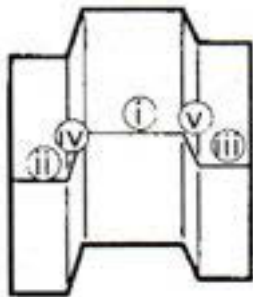
Gambar cara memegang suluh

(4)Las utama

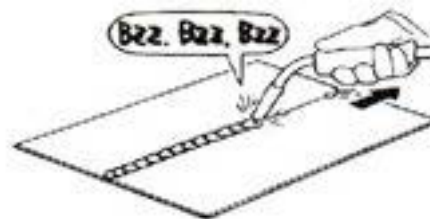
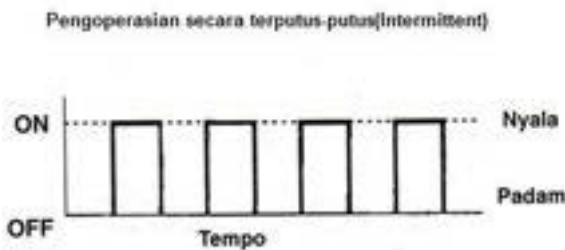
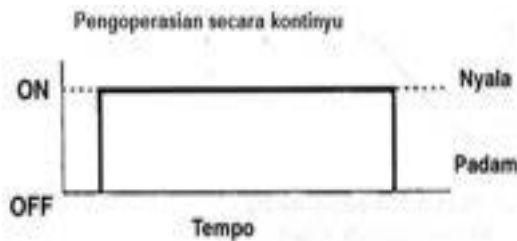
1.Tentukan suatu sikap yang stabil untuk mencegah suluh bergoyang-goyang.

2.Arahkan pada tepi dari sebuah las tack.

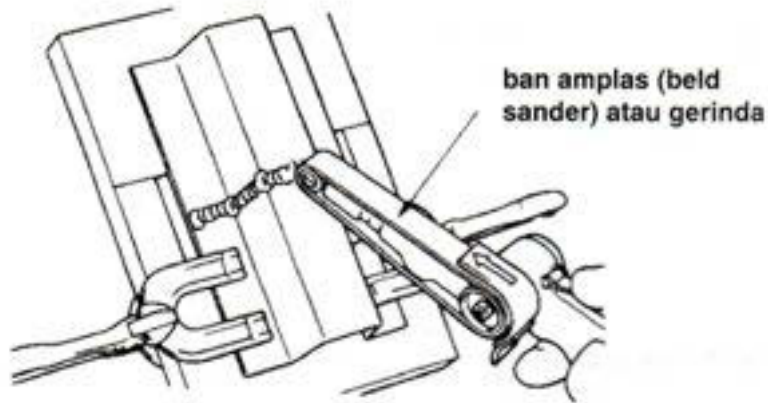
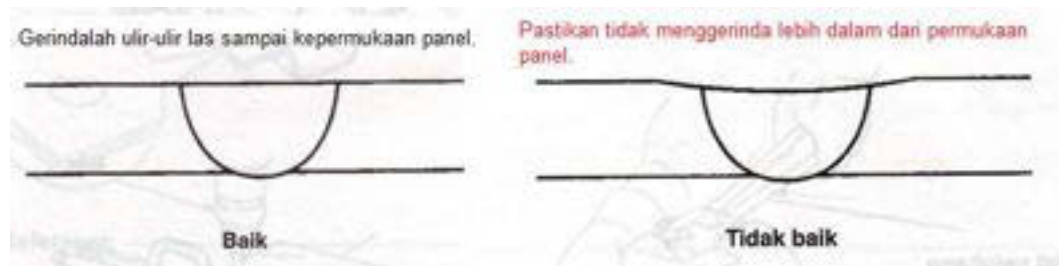
3.Hidup dan matikan saklar suluh ON danOFF berulang-ulang.

4.Hubungkan titik-titik Las tack dengan ulir Las(beads).

Urutan ini (ⓘ ~ ⓥ) membantu penebaran (dispersi) panas dan mencegah distorsi panas.

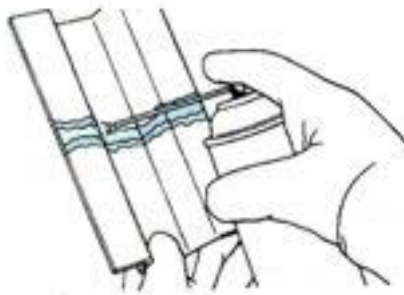
Ulir-Las (beads) yang berikutnya dihubungkan dengan Ulir-Las yang sebelumnya, yang mana masih merah panas/ membara (Red-Hot).

Penting untuk diketahui,Saklar (Torch switch) terputus-putus pada pengelasan panel tipis.

Gambar saklar suluh terputus-putus

(5)Gerinda ulir las

Menggerinda halus ulir-ulir las dan area sekelilingnya.

Gambar menggerinda ulir lasan

Gambar hasil penggerindaan

(6)Pemakaian Bahan Anti karat (anti rust agent).

Pakailah bahan anti karat pada bagian belakang yang dilas.

Penting:

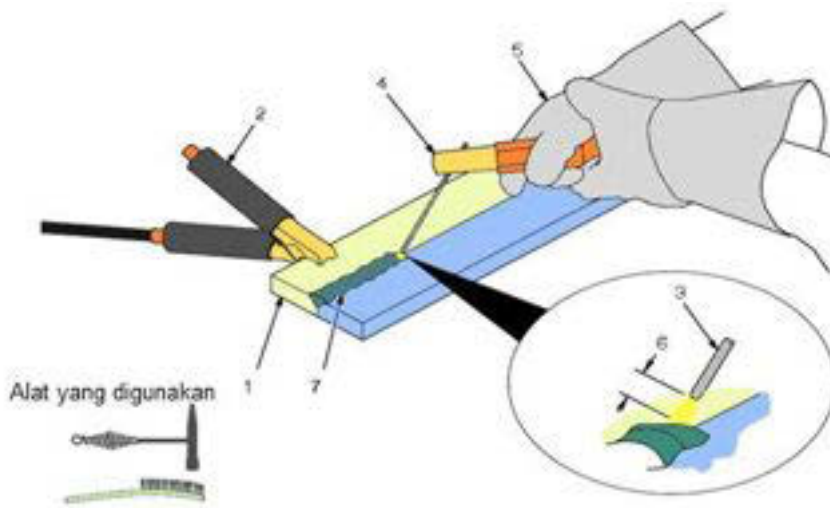
Proses ini harus dilaksanakan setelah pengecatan.

Gambar pemberian anti karat

Prosedur pengelasan dengan Las elektroda

Persiapan Umum Pengelasan

Pengelasan dimulai bersa-maan pada saat elektroda menyentuh benda kerja. Beberapa hal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut :

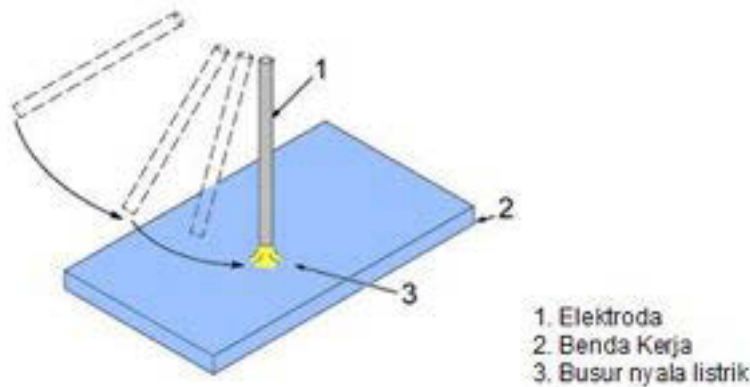
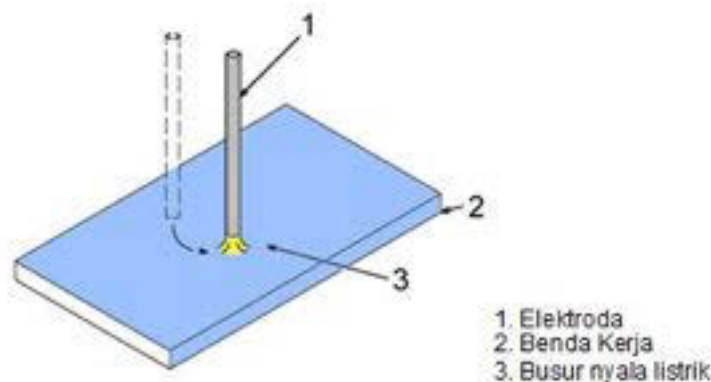
1. Pastikan benda kerja dalam kondisi bersih sebelum dilakukan pengelasan.
2. Penjepit benda kerja (kabel kerja) diposisikan sedekat mungkin dengan benda kerja.
3. Sebelum memulai penyalaan busur nyala, pasangkan elektroda pada pemegangnya dengan kuat. Sesuaikan arus pengelasan dengan diameter elektroda yang digunakan sesuai rekomendasi dari pabrikpembuat elektroda.
4. Pastikan kondisi pemegang elektroda dalam keadaan baik.
5. Posisi pemegang elektroda
6. Pertahankan panjang busur nyala listrik menyesuaikan dengan diameter elektroda yang digunakan.
7. Setelah pengelasan selesai, gunakan palu terak (*chipping hammer*) dan sikat kawat untuk menghilangkan terak. Selalu bersihkan terak dan periksa kondisi ujung sambungan pada saat akan melanjutkan jalur pengelasan.

Gambar prosedur Melaksanakan Pengelasan

Penyalaan Busur Nyala Lisrik

●**Teknik Penyalaan Ayun**

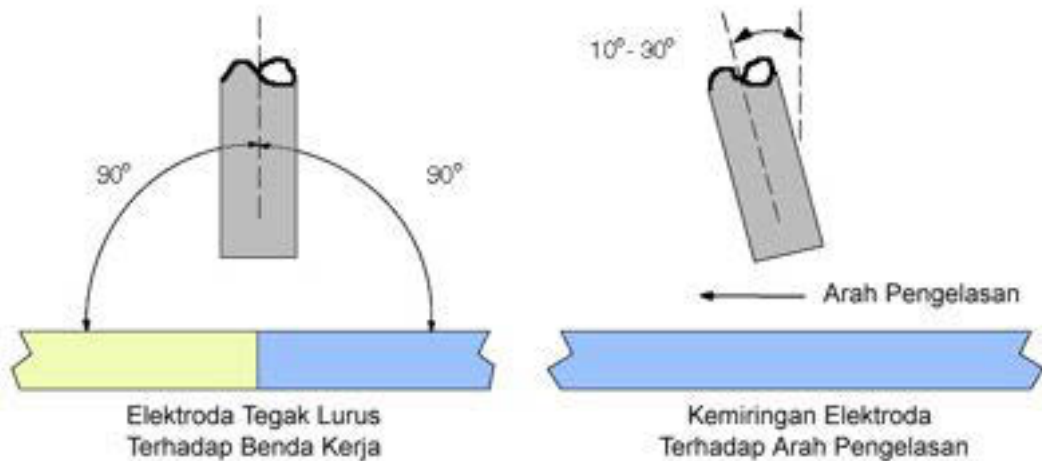
Ayunkan dan goreskan elektroda pada permukaan benda kerja seperti menyalakan korek api, kemudian angkat sedikit elektroda begitu menyentuh benda kerja. Apabila busur nyala mati, berarti elektroda terlalu tinggi (jauh) dari benda kerja. Apabila elektroda menempel pada benda kerja, ayunkan elektroda dengan cepat untuk melepaskannya. Teknik penyalaan ayun biasa digunakan pada pengelasan dengan sumber arus AC.

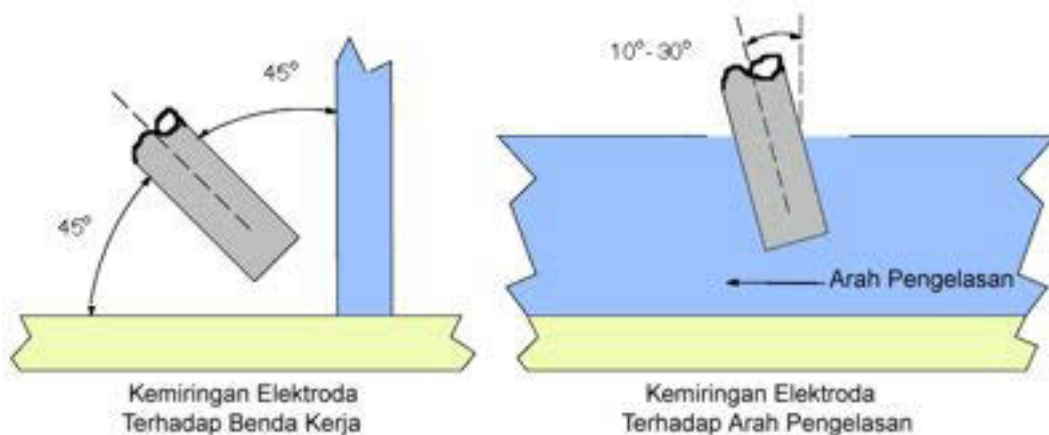
● Teknik Penyalaan Ketuk

Ketukkan elektroda secara vertikal pada benda kerja, kemudian angkat sedikit untuk memulai menyalakan busur nyala listrik. Apabila busur nyala mati, berarti elektroda terlalu tinggi (jauh) dari benda kerja. Apabila elektroda menempel pada benda kerja, ayunkan elektroda dengan cepat untuk melepaskannya.

Gambar Teknik Penyalaan Ayun

Gambar Teknik Penyalaan Ketuk

Mengatur Posisi dan Sudut Elektroda Terhadap Benda Kerja

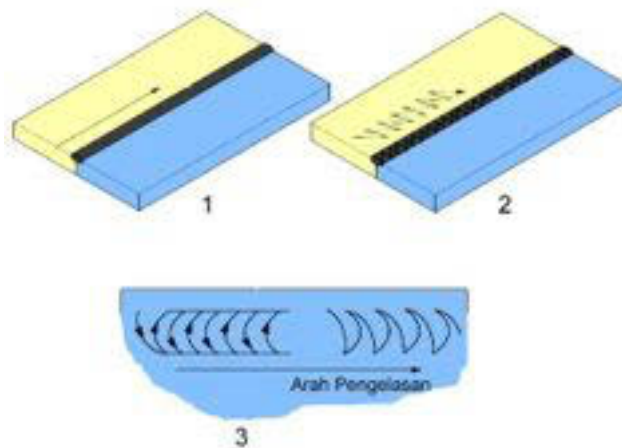
Posisikan elektroda hampir tegak lurus terhadap benda kerja dengan sedikit condong ke arah gerakan pengelasan. Hasil pengelasan terbaik akan didapatkan dengan cara mengatur panjang busur nyala, mengatur kecepatan pengelasan dan pemakanan elektroda (*feeding*) secara konstan sesuai dengan kecepatan lebur elektroda.

<u>Sambungan Celah (*Groove Welds*)</u>

Gambar Pengaturan Posisi dan Sudut Elektroda pada Sambungan Celah

<u>Sambungan Fillet (*Fillet Welds*)</u>

Gambar Pengaturan Posisi dan Sudut Elektroda pada Sambungan Fillet

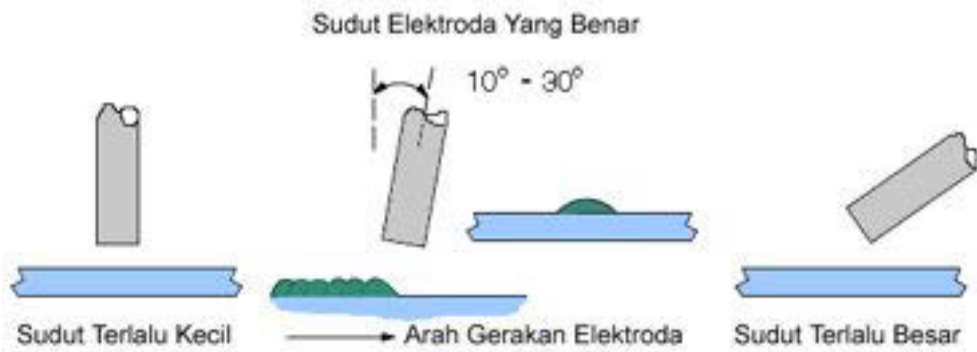
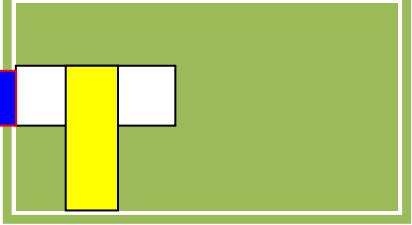
Gerakan/Ayunan Elektroda selama Pengelasan

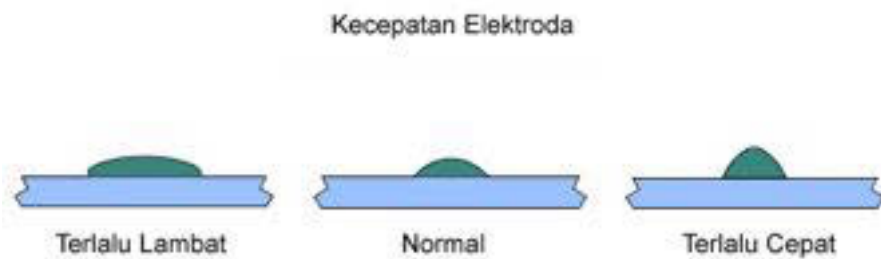
Gerakan/ayunan elektroda diperlu-kan untuk mengisi sambungan lasan dengan celah yang lebar. Lakukan gerak ayunan elektroda secara bergelombang untuk menutup celah sambungan yang lebar dalam satu jalur lasan. Batas lebar ayunan elektroda maksimal 2 kali diameter elektroda yang digunakan.

1. Kampuh las gerak lurus, tanpa ayunan elektroda
2. Kampuh dengan gerak ayunan elektroda *zig-zag* (ke samping) sepanjang jalur lasan
3. Pola ayunan elektroda secara bergelombang

Gambar Pola Ayunan Elektroda

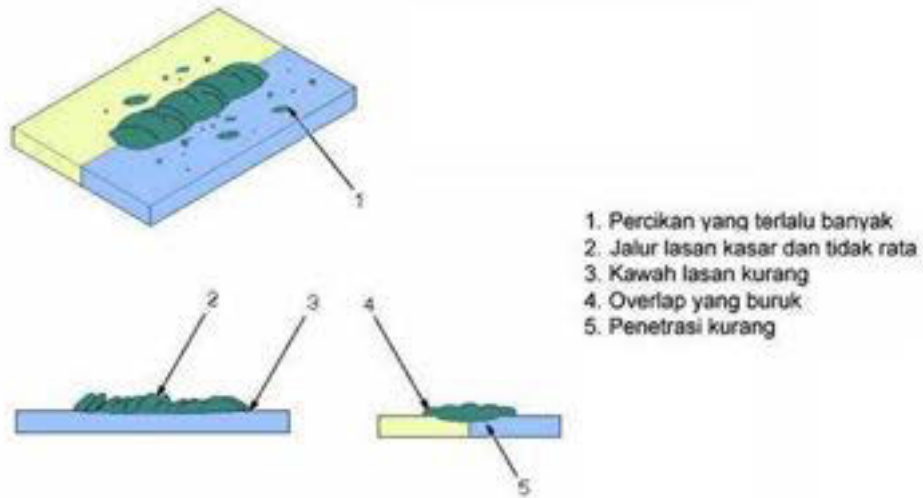
Beberapa Hal Yang Mempengaruhi Bentuk Jalur Lasan

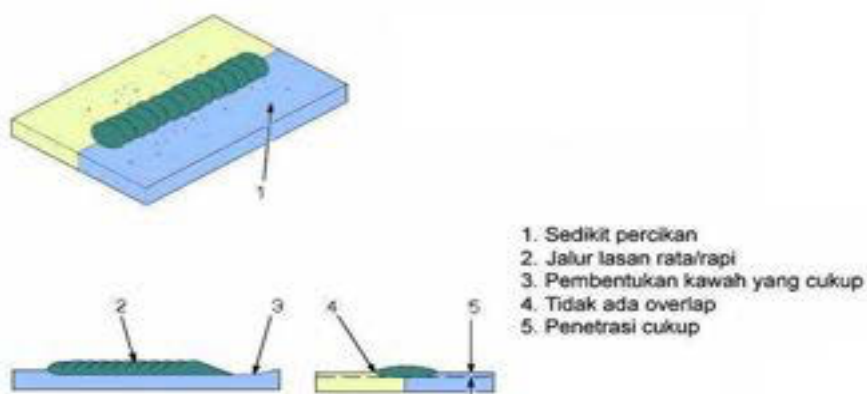
Catatan :

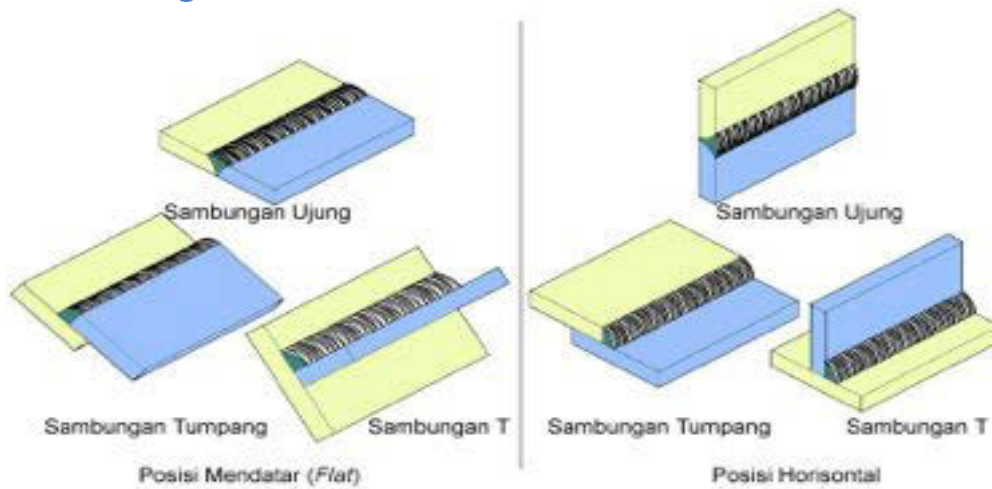
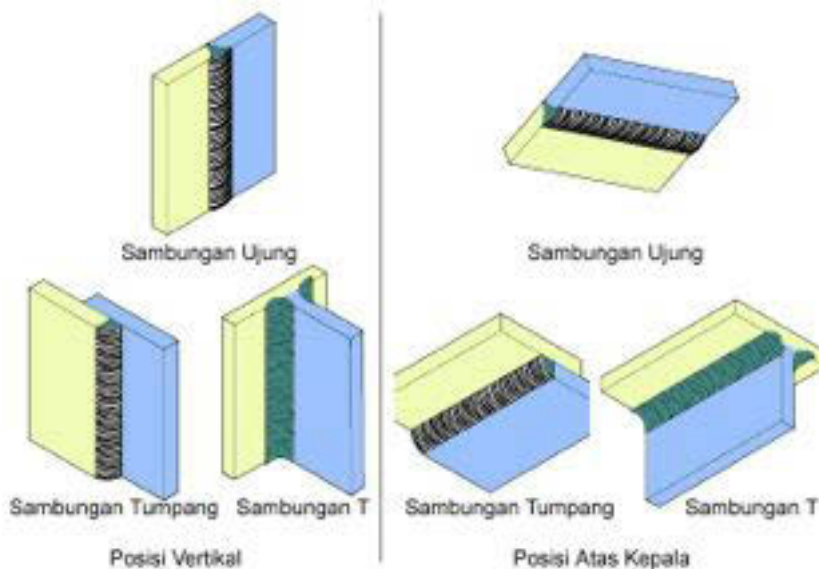
Bentuk jalur lasan dipengaruhi oleh sudut elektroda, panjang busur nyala listrik, kecepatan pengelasan, dan ketebalan benda kerja.

Gambar Pengaruh Sudut Elektroda Terhadap Bentuk Jalur Lasan

Gambar Pengaruh Panjang Busur Nyala Terhadap Bentuk Jalur Lasan

Gambar Pengaruh kecepatan elektroda terhadap bentuk jalur lasan

Karakter Kualitas Lasan yang Buruk

1. Percikan yang terlalu banyak
2. Jalur lasan kasar dan tidak rata
3. Kawah lasan kurang
4. Overlap yang buruk
5. Penetrasi kurang

Gambar Karakter kualitas lasan yang buruk

Karakter Kualitas Lasan yang Baik

Gambar Karakter kualitas lasan yang baik

Posisi Pengelasan

Gambar Posisi Pengelasan Flat dan Horisontal

Gambar Posisi Pengelasan Vertikal dan Atas Kepala

Pengelasan Posisi Datar - Sambungan Ujung

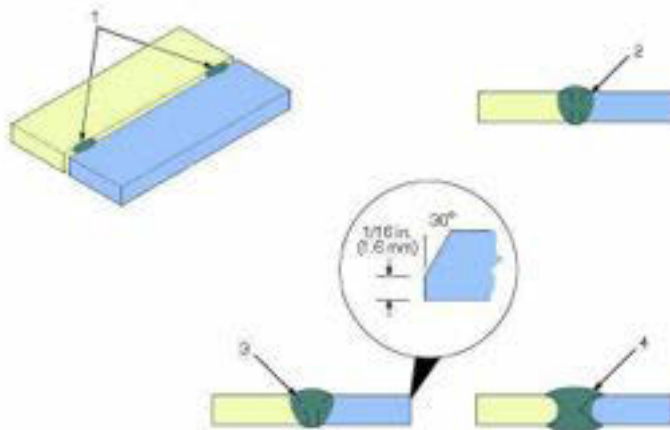
1. *Tack Welds*.

Distorsi pada benda kerja seringkali terjadi pada saat terjadi pemanasan local pada sambungan. Satu sisi plat yang disambung seringkali melengkung dan berubah bentuk selama pengelasan berlangsung maupun pada saat pendinginan berlangsung. *Tack welds* berfungsi mengunci posisi ujung-ujung sambungan untuk mencegah terjadinya distorsi akibat pengaruh panas local saat pengelasan.

2. Kampuh Konvensional (*Square Groove Weld*).

3. Kampuh V Tunggal (*Single V-Groove Weld)*.
4. Kampuh V Ganda(*Double V-Groove Weld*).

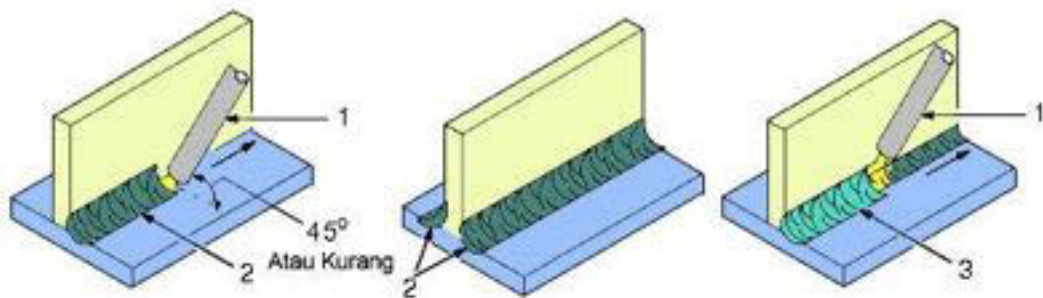
Dengan kampuh sambungan konvensional, benda kerja dengan ketebalan sampai dengan 3/16 in (5 mm) seringkali dapat langsung dilas tanpa persiapan khusus. Namun untuk mengelas benda kerja yang lebih tebal diperlukan kampuh sambungan bentuk V untuk menghasilkan pengelasan yang lebih baik. Kampuh sambungan bentuk V tunggal ataupun ganda baik diterapkan pada benda kerja dengan ketebalan antara 3/16 □ 3/4 in (5-19 mm).

Pada umumnya, kampuh sambungan bentuk V tunggal digunakan pada benda kerja dengan ketebalan mencapai ¾ in (19 mm) dan tanpa memperhatikan ketebalannya dapat dilas dari satu sisi saja. Besar sudut untuk kampuh bentuk V adalah 30°C, sudut kampuh dapat dibuat menggunakan gerinda maupun alat potong lainnya.

Gambar Pengelasan Posisi Datar Sambungan Ujung

Pengelasan Posisi Datar - Sambungan T

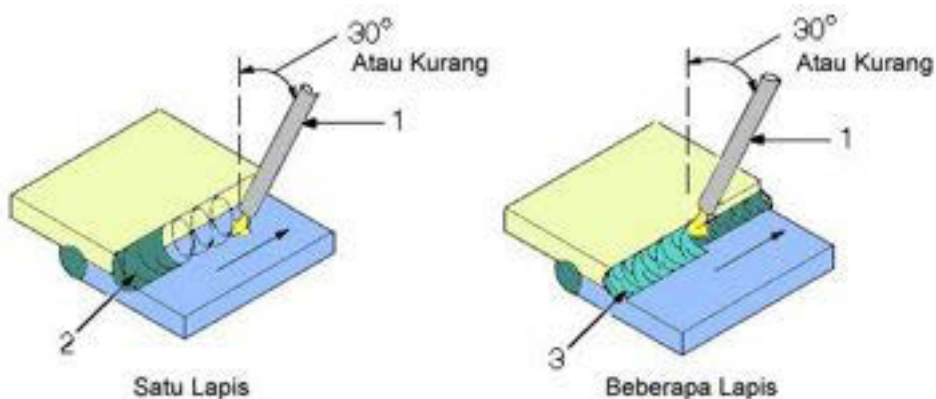
1. Elektroda.
2. Pengelasan *fillet.*

Busur nyala listrik dalam kondisi pendek dan gerakkan elektroda secara konstan pada kecepatan tertentu. Pertahankan posisi elektroda seperti pada gambar untuk memberikan peleburan sampai ke sudut sambungan. Agar didapatkan kekuatan sambungan yang maksimal, lakukan pengelasan pada kedua sisi sambungan.

3. Pengelasan berlapis. Lakukan pengelasan beberapa lapis apabila diperlukan, lakukan dengan mengayunkan elektroda menggunakan pola bergelombang. Jangan lupa bersihkan dahulu terak yang ada sebelum melakukan pengelasan untuk lapisan selanjutnya.

Gambar Pengelasan Posisi Datar Sambungan T

Pengelasan Posisi Datar - Sambungan Tumpang

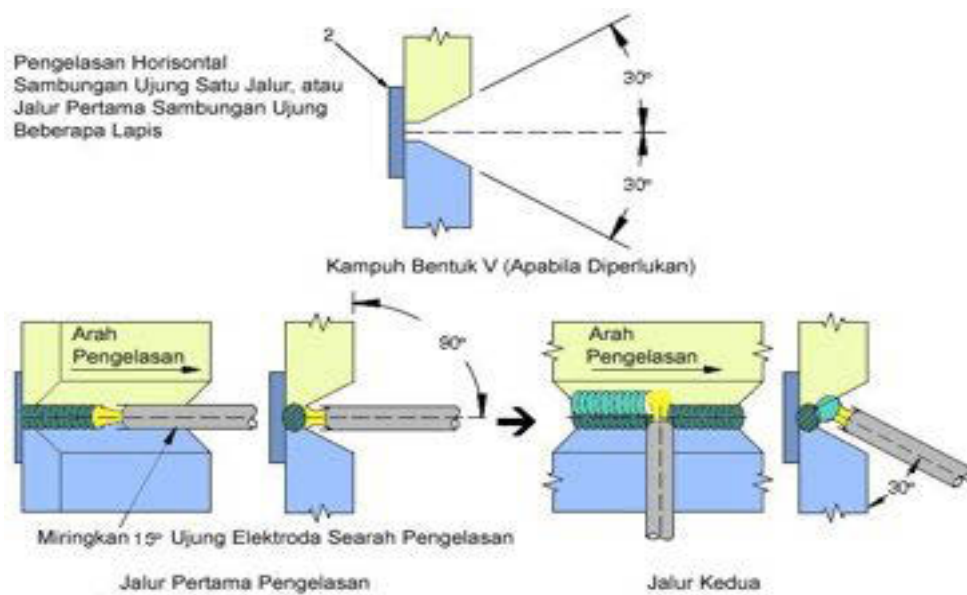
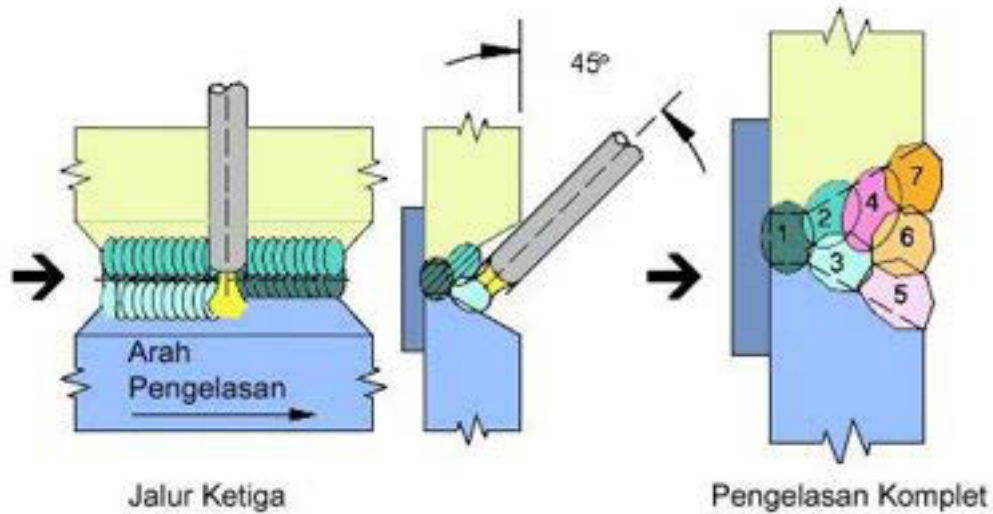
1. Elektroda.
2. Satu lapis. Gerakkan elektroda mengayun membentuk gerakan memutar.
3. Beberapa lapis. Lakukan pengelasan dalam beberapa lapisan apabila diperlukan. Jangan lupa bersihkan dahulu terak yang ada sebelum melakukan pengelasan untuk lapisan selanjutnya.

Agar didapatkan kekuatan sambungan yang maksimal, lakukan pengelasan pada kedua sisi sambungan.

Gambar Pengelasan Posisi Datar Sambungan Tumpang

Posisi Horisontal - Sambungan Ujung

Pada pengelasan posisi horisontal, gaya gravitasi dapat mempengaruhi bentuk kawah lasan. Perlu diingat bahwa tidak semua jenis elektroda sesuai digunakan untuk melakukan pengelasan posisi horisontal.

1. Elektroda.
2. Pelat pendukung. Lakukan *tack weld* benda kerja ke pelat pendukung agar mempermudah pengelasan jalur pertama.

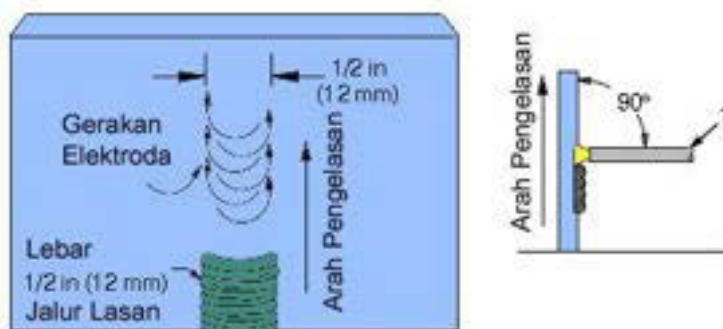
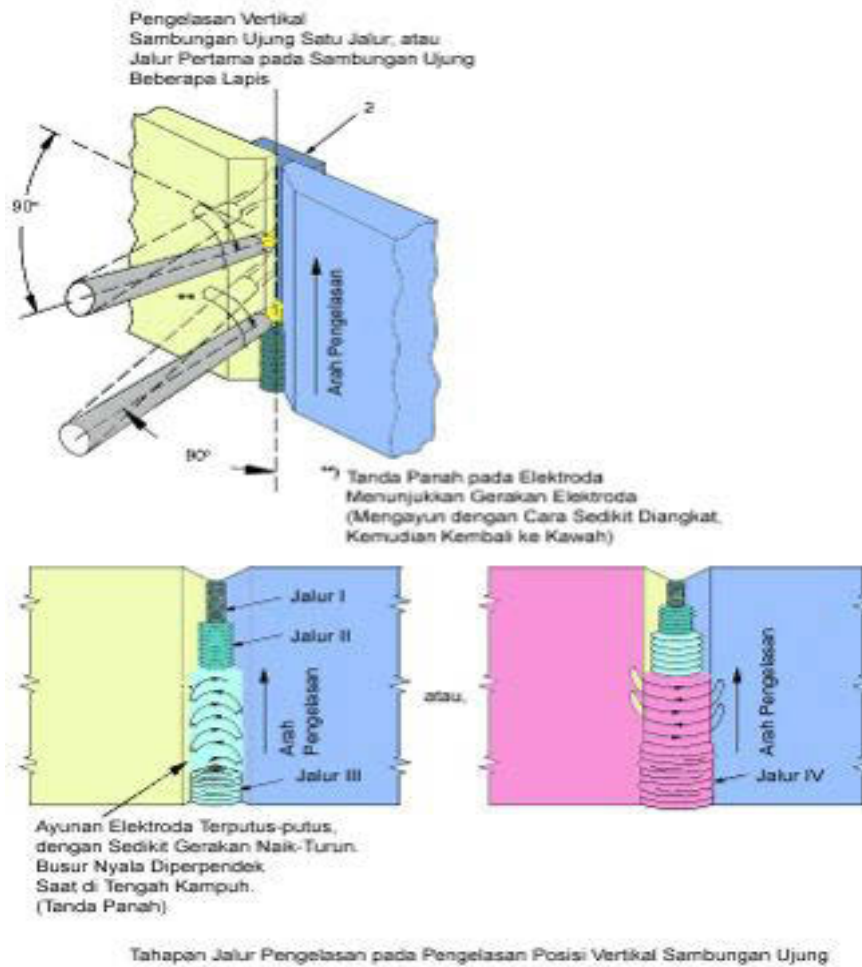
Gambar Pengelasan Posisi Horisontal - Sambungan Ujung Satu Jalur

Gambar Pengelasan Posisi Horisontal Sambungan Ujung Beberapa Lapisan (Jalur I dan II)

Gambar Pengelasan Posisi Horisontal Sambungan Ujung
Beberapa Lapisan (Jalur III hingga Komplet

Pengelasan Posisi Vertikal - Sambungan Ujung

Pada saat kita melakukan pengelasan posisi vertikal, gaya gravitasi akan mempengaruhi bentuk kawah lasan. Tidak semua jenis elektroda dapat digunakan untuk melakukan teknik pengelasan posisi vertikal.

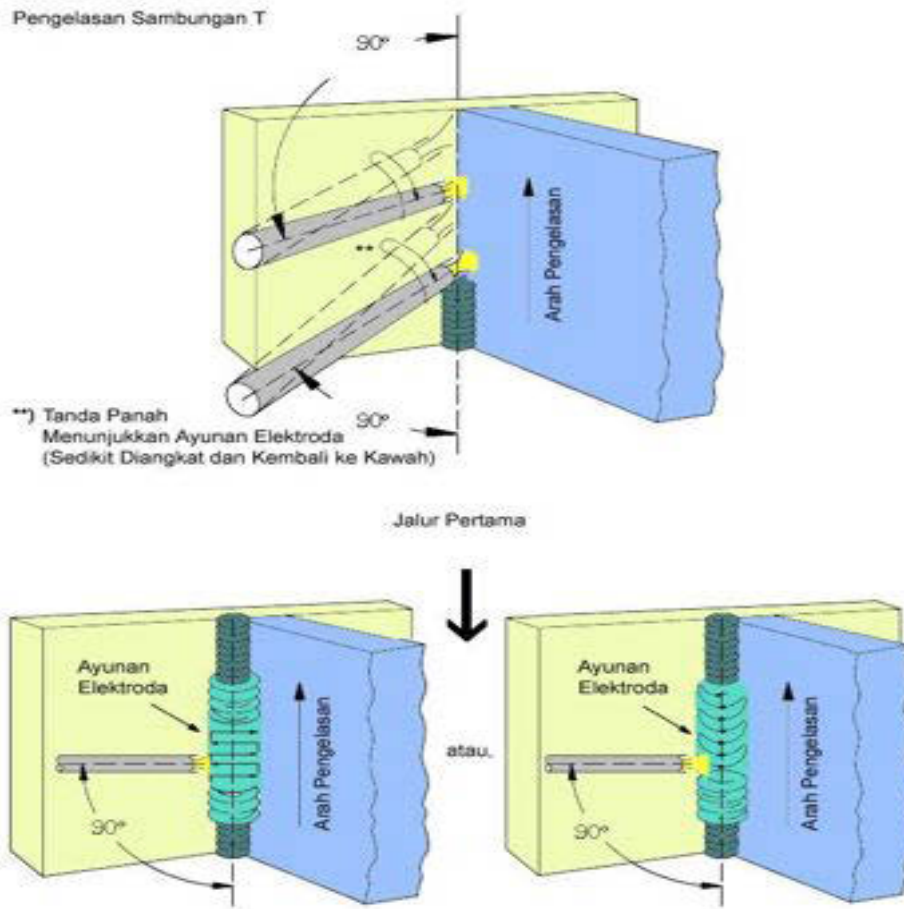
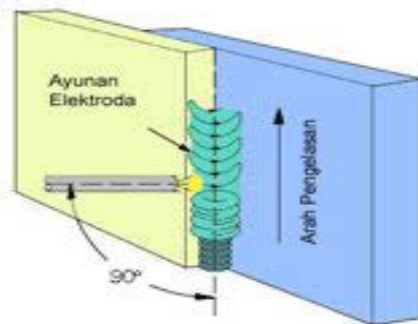
Lakukan pengelasan secara vertikal dengan cara menggiring kawah lasan ke atas, dapat pula dilakukan pengelasan ke arah bawah. Arah pengelasan ke atas lebih mudah dilakukan sebagaimana diperlihatkan pada gambar di bawah ini.

Lakukan pengelasan sambungan kampuh bentuk V apabila diperlukan. Jangan lupa lakukan *tack weld* benda kerja ke pelat pendukung agar mempermudah pengelasan jalur pertama.

1. Elektroda.
2. Pelat pendukung.

Gambar Pengelasan Posisi Vertikal Sambungan Ujung (Satu Jalur)

Gambar Pengelasan Posisi Vertikal Sambungan Ujung Beberapa Lapis

Pengelasan Posisi Vertikal - Sambungan T dan Tumpang

Catatan :

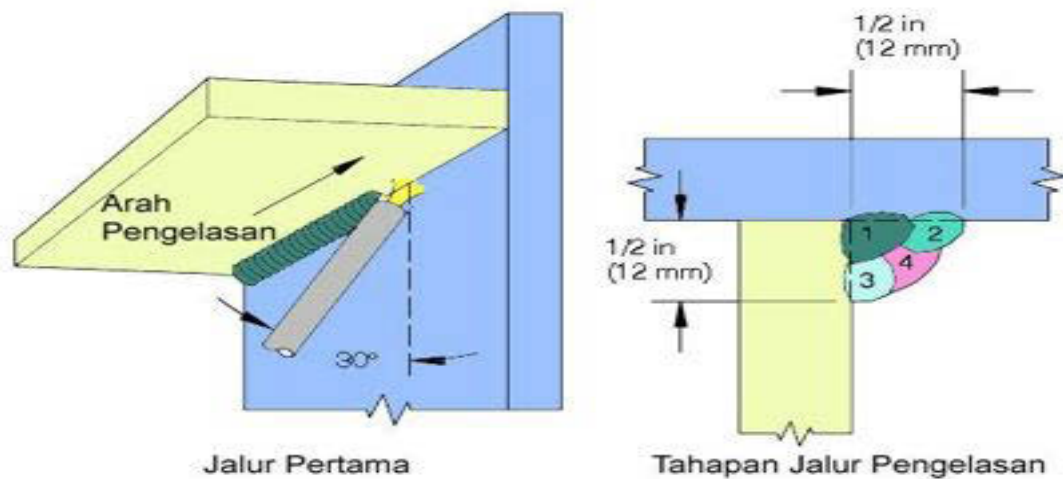
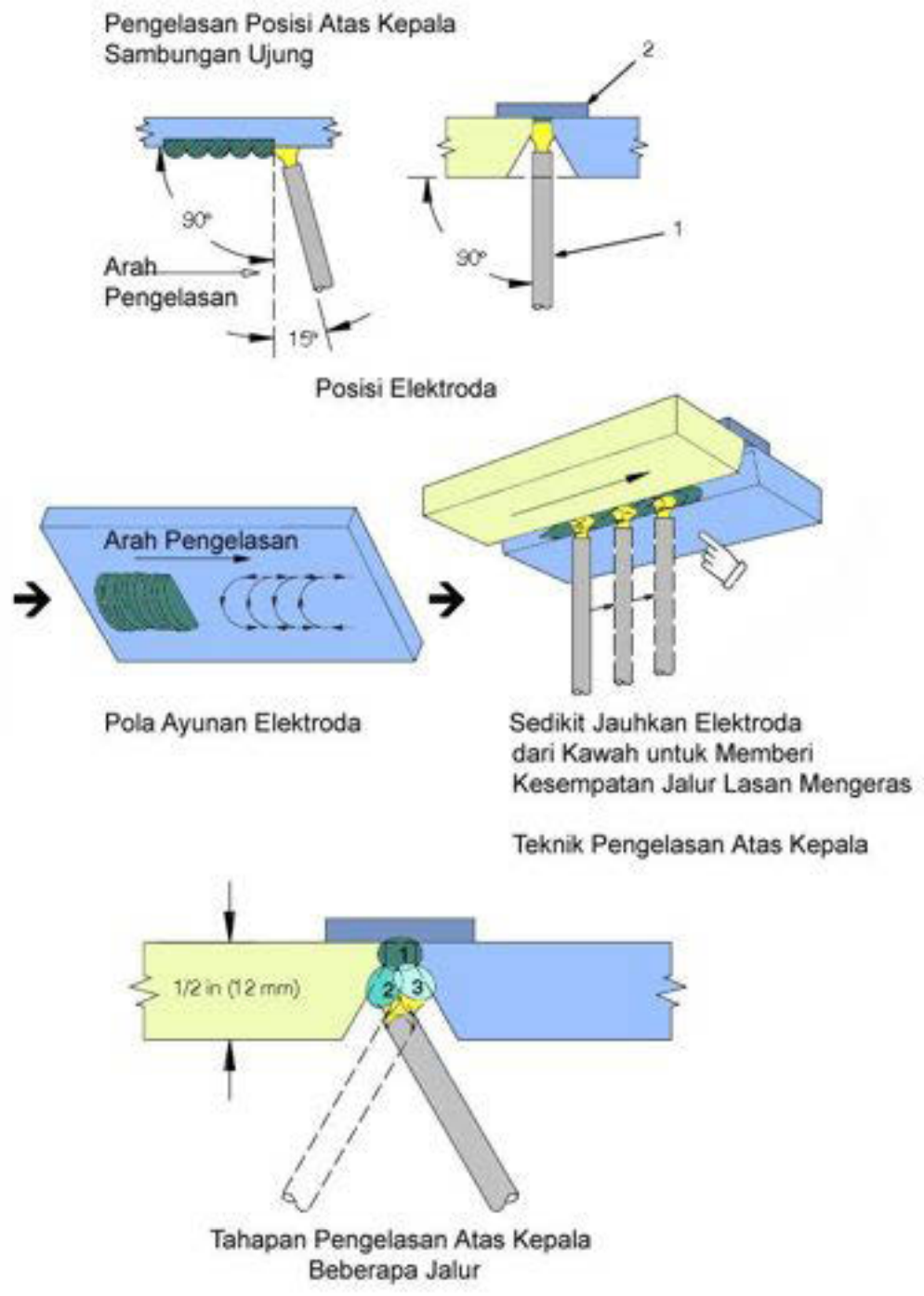
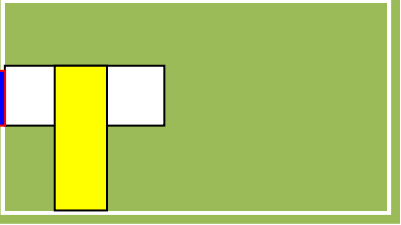
Pada saat kita melakukan pengelasan posisi vertikal, gaya gravitasi akan mempengaruhi bentuk kawah lasan. Tidak semua jenis elektroda dapat digunakan untuk melakukan teknik pengelasan posisi vertikal.

Gambar Pengelasan Posisi Vertikal Sambungan T

Gambar Pengelasan Posisi Vertikal Sambungan Tumpang

Pengelasan Posisi Atas Kepala

Pada saat kita melakukan pengelasan posisi di atas kepala, gaya gravitasi akan mempengaruhi bentuk kawah lasan. Tidak semua jenis elektroda dapat digunakan untuk melakukan teknik pengelasan posisi vertikal.

1. Elektroda.

2. Pelat pendukung.

Pengelasan di atas kepala merupakan posisi pengelasan yang paling sulit dilakukan. Lakukan pengelasan posisi atas kepala dengan cara mengayun elektroda sedikit dijauhkan dan dari kawah. Dengan cara demikian akan memberikan sedikit waktu bagi jalur lasan sedikit mengeras. Apabila diperlukan jalur lasan yang lebih lebar, lakukan pula gerakan mengayun elektroda dengan pola bergelombang. Lakukan pengelasan sambungan kampuh bentuk V apabila diperlukan. Jangan lupa lakukan *tack weld* benda kerja ke pelat pendukung agar mempermudah pengelasan jalur pertama.

Gambar. Pengelasan Posisi Atas Kepala Sambungan T

Gambar Pengelasan Posisi Atas Kepala Sambungan Ujung

Keselamatan Kerja dalam pengelasan dengan las CO2(MIG) dan Las Elektroda

	Sengatan energi listrik dari elektroda ataupun instalasi (kabel, mesin las) dapat membahayakan jiwa.
	Pergunakan sarung tangan dan pelindung badan (appron) yang kering dan utuh. Jangan memegang elektrode dan komponen elektrik yang sedang bekerja dengan tangan kosong.
	Pergunakan insulator untuk melindungi diri dari sengatan listrik saat mengelas. Gunakan perlengkapan insulator yang kering dan terbuat dari bahan karet, kayu atau bahan lainnya yang dapat melindungi kita dari kontak langsung dengan lantai dan benda kerja.
	Cabut hubungan sumber tenaga listrik pada saat akan melakukan perbaikan pada mesin las. Secara rutin periksa kondisi kabel dari kerusakan, dan segera perbaiki atau ganti bagian kabel yang rusak. Pastikan instalasi mesin las sudah dilakukan dengan benar sesuai manual dan jaringan listrik yang ada.
	Asap pengelasan dapat membahayakan kesehatan. Pada saat mengelas, usahakan jangan menghirup asap pengelasan. Lakukan pengelasan pada area kerja yang berventilasi cukup, atau bila perlu tambahkan instalasi penghisap asap pengelasan pada tempat kerja.

	Proses pengelasan berpotensi menimbulkan kebakaran ataupun ledakan.
	Jangan melakukan pengelasan di dekat material yang mudah terbakar. Jarak minimal posisi pengelasan dengan material yang mudah terbakar adalah 35 feet (11 meter). Lakukan pengelasan di tempat lain, atau pindahkan material yang mudah terbakar tersebut.
	Percikan nyala las dapat menyebabkan kebakaran. Selalu sediakan alat pemadam kebakaran di area kerja. Pastikan alat tersebut selalu dalam kondisi siap pakai.
	Jangan melakukan pengelasan pada drum, tangki, ataupun wadah tertutup lainnya tanpa persiapan dan pemeriksaan keamanannya terlebih dahulu.

	Radiasi busur nyala listrik dapat menyebabkan rasa terbakar pada mata dan kulit.
	Pergunakan topeng las yang benar dan dalam kondisi baik. Pakailah pakaian pelindung badan secara komplet.

	Benda kerja dan perlengkapan mengelas yang panas dapat mengakibatkan rasa terbakar. Jangan menyentuh benda kerja yang masih panas setelah proses pengelasan dengan tangan kosong. Pergunakan alat penjepit benda kerja yang sesuai untuk memindahkan benda kerja. Biarkan benda kerja maupun perlengkapan mengelas mengalami proses pendinginan sebelum dipindahkan ataupun digunakan lagi.

c.Rangkuman

1. Pengelasan CO2-MIG adalah suatu type dari las busur yang termasuk ketegori las lebur. Prinsip dasar dari type ini adalah menggunakan sebuah kawat pengisi (filter wire) sebagai sebuah elektroda yang menimbulkan busur nyala (pelepasan elektris/electrical discharge) antara kawat pengisi dan logam dasar.
2. Perlengkapan pengelasan terdiri dari sebuah (torch), pengumpan kawat (wire feeder), tabung gas perisai, alat pengotrol dan sebuah sumber daya.
3. Mesin las busur nyala listrik dengan sumber arus AC banyak digunakan. Dengan arus AC maka tidak terdapat kutup positif ataupun kutup negatif. Mesin las busur nyala listrik arus AC menggunakan tegangan rendah dan arus tinggi, misalnya 30 V – 180 A.
4. Bentuk jalur lasan dipengaruhi oleh sudut elektroda, panjang busur nyala listrik, kecepatan pengelasan, dan ketebalan benda kerja.
5. Pada saat kita melakukan pengelasan posisi di atas kepala, gaya gravitasi akan mempengaruhi bentuk kawah lasan. Tidak semua jenis elektroda dapat digunakan untuk melakukan teknik pengelasan posisi vertikal.

d.Tugas

.Lakukan pengamatan berkelompok pekerjaan pengelasan dengan Las CO2(MIG) dan Las Elektroda pada bengkel las dekat sekolah anda.! Bagaimana prosedur mengelasnya,Tulis pada kertas yang telah anda siapkan bersama kelompoknya.

e.Tes formatif

Petunjuk soal:

- Jawablah pertanyaan dibawah ini,dengan menulis jawaban pada lembar jawaban/buku tugas anda.
- Soal berbentuk essay dan terdiri dari 5 pertanyaan.

Soal essay,

1. Bentuk jalur lasan dipengaruhi oleh sudut elektroda,sebutkan 4 saja.!
2. Ada 2 teknik penyalaan busur nyala listrik,sebutkan.!
3. Sebutkan 2 proses pengelasan dengan CO2(MIG).!
4. Tuliskan prosedur pengelasan pad alas ujung.!

5. Sebutkan salah satu alat keselamatan kerja yang berfungsi untuk melindungi mata dan kulit wajah dari radiasi busur las nyala listri.!

f.Lembar jawaban tes formatif

g. Lembar kerja peserta didik

Perintah.!

Lakukan pekerjaan pengelasan dengan menggunakan Las elektroda dengan ketebalan benda kerja yang bervariasi. Tulis hasilnya pada kolom dibawah dan kesimpulannya.!

No	Ketebalan benda kerja	Hasil lasan
1	Benda kerja Tebal 5mm	
2	Benda kerja Tebal 10mm	
3	Benda kerja Tebal 3mm	

Kesimpulan :

____

____

____

C. Kegiatan Belajar 3

a. Tujuan Pembelajaran :

- Siswa mampu menjelaskan tentang teori dasar prinsip dan karakteristik pemanasan dan pemotongan termal (Las Oxyacetylene).
- Siswa mampu menjelaskan tentang peralatan dan perlengkapan pemanasan dan pemotongan termal (Las Oxyacetylene).
- Siswa mampu menjelaskan tentang prosedur pemanasan dan pemotongan termal (Las Oxyacetylene).
- Siswa mampu menjelaskan tentang keselamatan kerja dalam pemanasan dan pemotongan termal (Las Oxyacetylene).

b. Uraian Materi

Pemanasan Dan Pemotongan Termal

Teori Dasar Prinsip Dan Karakteristik Pemanasan Dan Pemotongan Termal (Las Oxyacetylene).

Istilah "las" diartikan sebagai proses menyambung logam atau paduan logam dalam keadaan lumer atau cair. Untuk melumerkan / mencairkan bagian logam atau paduan logam yang akan disambung tersebut dengan menggunakan panas. Dengan demikian, mengelas merupakan kegiatan untuk menyatukan dua bagian logam atau lebih, dengan menggunakan energi panas agar dihasilkanikatan metallurgi pada bagian sambungan tersebut.

Teori dasar las *oxy-acetylene*

Las oxy-acetylene adalah semua proses pengelasan yang menggunakan campuran oksigen dan bahan bakar gas acetylene untuk membuat api sebagai sumber panas untuk mencairkan benda kerja. Oksigen dan acetylene dicampur dalam suatu alat dengan komposisi tertentu sehingga api yang dihasilkan dapat mencapai suhu maksimum.

Api tersebut berada pada moncong alat pembakar sehingga dapat diarahkan secara efektif ke arah bagian benda kerja yang akan disambung. Hanya sebagian kecil (bagian ujung) benda kerja yang mencair dan menyatu sehingga setelah membeku membentuk suatu sambungan yang kuat, dapat menyamai kekuatan benda tersebut.

Gambar pekerjaan mengelas dengan *oxy-acetylene*

Keuntungan las ini dibanding proses yang lain adalah benda kerja dapat dipanaskan, dicairkan, disambung, dimuaikan ataupun dilunakkan mudah panas yang masuk ke benda kerja, keenceran cairan logam, besar kawah yang terbentuk dan volume endapan lasan karena bahan tambah terpisah dengan sumber panas. Las *oxy-acetylene* juga sesuai untuk mengelas benda kerja tipis dan pekerjaan reparasi.

Ditinjau dari segi biaya awal dan operasional, las *oxy-acetylene* sangat murah. Disamping itu, peralatan yang murah tersebut dapat juga dipakai untuk keperluan yang lain seperti *brazing, soldering,* pemanasan awal, pemanasan akhir proses pengelasan lain, dan memanasi pipa yang akan dibengkok serta keperluan lainnya. Volume peralatan yang relatif kecil dan *portabel* memungkinkan dibawa ke lapangan dan tidak tergantung keberadaan sumber energi yang lain. Keterbatasannya adalah tidak ekonomis untuk benda kerja yang tebal dan besar serta kurang sesuai untuk bahan benda kerja yang reaktif terhadap gas *acetylene* maupun yang dihasilkan dari proses pembakaran.

Acetylene

Acetylene adalah gas tidak berwarna dengan komposisi unsur hidrogen (7,7%) dan karbon (92,3%). Gas ini termasuk salah satu dari kelompok zat yang

hanya mengandung unsur hidrogen (H2) dan karbon (C). *Acetylene* harus diperlakukan secara hati-hati karena termasuk gas yang mudah meledak bila bercampur dengan udara atau disimpan dalam tabung dengan tekanan lebih dari 15 psi (1,05 kg/cm2). Pada tekanan 28 psi (1,97 kg/cm2) *acetylene* akan terurai menjadi karbon dan hidrogen.

Kondisi ini sangat sangat sensitif terhadap goncangan atau kejutan yang kecil sekalipun yang mengenai tabung, apalagi terdapat bunga api. Maka *acetylene* tidak boleh disimpan pada tekanan lebih dari 1,05 kg/cm2. Gas *acetylene* sangat berbau (berbau tajam) bila bertemu dengan udara. Bau inilah yang dipakai sebagai tanda adanya *acetylene* di sekitar kita. Oleh karena itu harap waspada dan sensitif terhadap tanda adanya *acetylene* untuk menghindari bahaya kebakaran. Ingat, *acetylene* adalah gas yang sangat mudah terbakar.
Api *acetylene* menghasilkan panas cukup tinggi. Pada kondisi tertentu *acetylene* juga mudah meledak bila membentuk ikatan dengan tembaga, perak dan *mercury*. Oleh karena itu *acetylene* hendaknya dijauhkan dari adanya konsentrasi unsur tersebut.

Beberapa aspek terkait bahan bakar gas untuk mengelas, yaitu :

a) Suhu api yang dihasilkan
b) Kecepatan pembakaran
c) Intensitas panas pembakaran
d) Gas hasil reaksinya dengan oksigen (gas hasil pembakaran).

Suhu api yang dihasilkan

Suhu api yang dihasilkan adalah sifat fisis yang ditentukan oleh perbandingan bahan bakar dan oksigen disamping panas kalor yang dimiliki bahan bakar tersebut. Dalam pengelasan suhu api yang dibutuhkan adalah api netral. Suhu yang lebih tinggi sebenarnya dapat diperoleh melalui api *carburizing* maupun *oxidizing*. Namun api *carburizing* maupun *oxidizing* biasanya tidak dikehendaki karena gas hasil reaksinya dengan oksigen (gas hasil pembakaran) dapat mempengaruhi kualitas lasan.

Kecepatan Pembakaran

Kecepatan pembakaran merupakan sifat yang dimiliki gas dan menentukan panas yang dihasilkan. Pada proses pengelasan, kecepatan panas sangat berpengaruh terhadap pemanasan benda kerja. Kecepatan pembakaran adalah perpindahan api dari ujung pembakar ke permukaan benda kerja melewati gas yang belum terbakar dan tidak menimbulkan nyala balik. Kecepatan pembakaran sangat dipengaruhi oleh proporsi campuran bahan bakar dengan oksigen sebagai zat pembakar.

Intensitas Pembakaran

Suhu api dan nilai kalor telah digunakan sebagai kriteria bahan bakar namun sebenarnya belum menggambarkan panas yang sebenarnya. Intensitas pembakar-an memperhitungkan kedua aspek tersebut tetapi masih ditambah besarnya volume api yang keluar dari pembakar. Intensitas pembakaran akan maksimum bila kecepatan pembakaran dan nilai kalor maksimum. Intensitas pembakaran ini terjadi pada reaksi primer maupun sekunder. Intensitas pembakaran primer berada pada dekat moncong brander dan merupakan api inti yang diarahkan pada benda kerja. Api inti merupakan sumber utama panas pengelasan, sedangkan pembakaran sekunder merupakan pemanasan awal daerah las berikutnya.

Berdasarkan uraian di atas dapat diketahui bahwa *acetylene* merupakan bahan bakar yang paling baik untuk las gas. Suhu api yang dihasilkan relatif tinggi, pembakaran berlangsung relatif cepat dengan intensitas cukup tinggi dan hasil reaksinya dengan oksigen (gas hasil pembakaran) adalah karbon dioksida dan zat air, yang merupakan gas atau zat yang tidak berbahaya bagi pengelas dan juga tidak reaktif terhadap benda kerja. Beberapa gas lain yang telah disebut di atas secara prinsip dapat dipakai sebagai bahan bakar las gas, namun panasnya lebih rendah dari *acetylene* sehingga lebih sesuai digunakan untuk pemanasan awal, akhir ataupun pemotong *Oxy-gas;* namun gas-gas tersebut belakangan ini sudah sangat jarang digunakan.

Produksi Acetylene

Acetylene diproduksi dengan cara mereaksikan bahan baku *calcium carbide* dengan air. Alat yang digunakan untuk memproduksi *acetylene* adalah generator *acetylene*. Proses kerja generator relatif sederhana, yaitu mempertemukan *calcium carbide* dengan air secara proporsional sesuai dengan kebutuhan gas *acetylene*. Pertemuan air dengan *calcium carbide* segera diikuti reaksi yang menghasilkan gas *acetylene* yang ditampung dalam generator sebelum dipakai.

Generator-generator portabel bisanya digunakan untuk memproduksi *acetylene* dengan kapasitas kecil dan dapat dipakai langsung untuk melayani satu atau dua pembakar. Untuk memproduksi *acetylene* secara besar yang ditampung dengan tekanan tinggi dan didistribusikan dalam tabung, diperlukan generator tekanan tinggi berkapasitas besar yang *stationer* (menetap) seperti gambar di bawah ini.

Prinsip kerjanya secara garis besar tidak jauh berbeda dengan generator portabel.

Gambar Generator untuk Memproduksi Gas *Acetylene* dalam Tabung

Oksigen

Oksigen diperlukan untuk setiap proses pembakaran, termasuk juga pada las *oxy-acetylene*. Oksigen murni digunakan agar pembakaran berlangsung cepat, sempurna dan gas yang dihasilkan lebih terkontrol sehingga tidak mempengaruhi kualitas lasan. Pembakaran yang cepat dan sempurna akan menghasilkan suhu maksimum sehingga pengelasan berlangsung cepat. Unsur-unsur dalam udara tersebut dipisahkan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Misal udara mendidih pada suhu 182,77oC. Udara yang sudah dipisahkan disimpan pada suhu 195,55oC.

Pemisahan udara tidak saja menghasilkan oksigen, tetapi juga beberapa gas lain yang diperlukan pada proses pengelasan lain yaitu : karbon dioksida, *argon,* dan *helium*. Gas tersebut dipakai untuk gas pelindung pada las busur elektroda tidak terbungkus.

Api Oxy-acetylene

Komponen utama las *Oxy-acetylene* adalah api *Oxy-acetylene* sehingga las ini sering disebut las api. Kualitas api sangat berpengaruh terhadap lasan. Secara teoritis, pembakaran sempurna *acetylene* berlangsung menurut reaksi kimia sebagai berikut.

$$C_2H_2 + 2,5O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O$$

Berdasarkan persamaan reaksi di atas diketahui bahwa 1 volume *acetylene* memerlukan 2,5 volume oksigen dan dari pembakaran dihasilkan 2 volume karbon dioksida dan 1 volume zat air (uap air). Dalam kenyataan reaksi tersebut tidak berlangsung sekali tetapi terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama (reaksi primer), terjadi nyala inti dengan persamaan reaksi sebagai berikut.

$$C_2H_2 + O_2 \rightarrow 2CO + H_2O$$

Berdasar persamaan tersebut diketahui bahwa 1 volume *acetylene* memerlukan hanya 1 volume oksigen. Oksigen ini diperoleh dari tabung oksigen. Hasil reaksi primer adalah 2 volume karbonmonoksida dan 1 volume hidrogen

serta panas sebesar 19 MJ/m^3 (507 Btu/ft^3). Panas tersebut diperoleh dari penguraian *acetylene* dan oksidasi karbon yang berasal dari *acetylene* yang terurai.

Gambar proses terbentuknya nyala *oxy-acetylene*

Nyala inti tersebut relatif kecil, bersinar terang berwarna kebirubiruan. Nyala inilah yang menghasilkan panas cukup tinggi yang diperlukan untuk pengelasan. Jika semua karbon yang terurai pada tahap pertama habis terbakar, kondisi itu dinyatakan api netral. Tidak ada unsur karbon yang lepas dan bereaksi dengan benda kerja.

Reaksi tahap kedua terjadi di luar kelopak nyala inti. Pada tahap kedua ini karbonmonoksida dan hidrogen hasil reaksi tahap pertama terbakar oleh oksigen dari udara bebas menghasilkan karbon dioksida dan uap air seperti persamaan di bawah ini.

$$2\,CO + \tfrac{3}{4}\,H_2 + 1{,}5\,O_2 \rightarrow 2\,CO_2 + H_2O$$

Panas yang dihasilkan dari reaksi kedua ini sebenarnya lebih besar dari tahap pertama yaitu 36 MJ/m^3 (963 Btu/ft^3), namun karena kecepatan pembakaran rendah dan volumenya besar sehingga suhunya lebih rendah dibanding suhu nyala inti. Sebaliknya, nyala inti kecil tetapi kecepatan pembakaran jauh lebih tinggi disebabkan suplay oksigen murni dari tabung yang bertekanan, sehingga suhu lebih tinggi.

Gambar temperatur nyala api *oxy-acetylene*

Nyala api *Oxy-acetylene* dapat dikontrol dengan mudah memakai katup yang ada pada pembakar. Perubahan proporsi campuran oksigen dan *acetylene* yang mengalir ke ujung pembakar akan mengubah karakteristik kimiawi nyala inti yang akan mempengaruhi pencairan dan komposisi benda kerja. Berbagai kualitas api dapat diperoleh dengan mengubah besar-kecilnya pembukaan katup pada pembakar.

Gambar Berbagai Bentuk Nyala Inti dan Karakteristiknya.

Berbagai macam api yang diperoleh dari berbagai proporsi campuran oksigen-*acetylene* tersebut secara garis besar dapat dibedakan menjadi tiga karakteristik, yaitu :

a) api *carburizing*
b) api *oxidizing*
c) api netral.

Api *Carburizing*

Api carburizing dihasilkan oleh campuran yang terlalu banyak *acetylene* atau kekurangan oksigen sehingga unsur karbon yang terurai pada tahap reaksi pertama tidak habis terbakar. Sebagai akibatnya sebagian unsur karbon tersebut akan masuk ke cairan benda kerja.

Setelah dingin benda kerja menjadi lebih keras dari semula. Kemungkinan lain, lasan retak sewaktu membeku karena tingginya unsur C.

Api *carburizing* cocok untuk mengelas baja lunak kadar karbon rendah, untuk mengelas permukaan, membrasing, menyoldir dan las alumunium.

Ciri-ciri api *carburizing* dapat dikenali dari bentuk, dimensi dan warnanya. Pada api *carburizing*, ujung api inti tumpul. Api *carburizing* mempunyai api *acetylene*

dan lidah api (api luar) yang semakin panjangdan berjelaga bila proporsi *acetylene* semakin besar.

Api Oxidizing

Api ini merupakan kebalikan dari api *carburizing*. Api *oxidizing* dihasilkan oleh campuran yang terlalu banyak oksigen atau kekurangan *acetylene.* Sebagian oksigen murni yang berasal dari tabung tidak terserap oleh reaksi tahap pertama. Oksigen murni yang tidak terikat ini akan bereaksi dengan benda kerja, misal membakar sebagian unsur C dari benda kerja sehingga benda kerja akan semakin lunak. Oksigen bebas juga dapat masuk ke dalam kawah lasan sehingga menim-bulkan keropos atau oksidasi.

Ciri-ciri api *oxidizing* adalah api inti berbentuk runcing dan pendek. Api *acetylene* hampir tidak terlihat, dan lidah apinya pendek. Api *oxidizing* mengeluarkan suara gemerisik (mendesis). Api *oxidizing* cocok digunakan untuk pengerjaan pemotongan logam.

Api Netral

Api netral dihasilkan oleh campuran seimbang, 1 : 1 antara oksigen dan *acetylene* seperti yang dibutuhkan pada reaksi tahap pertama. Semua uncur C yang terurai pada tahap pertama habis terbakar oleh oksigen pada tahap pertama, tetapi juga tidak ada oksigen yang bebas. Api netral tidak mempunyai api *acetylene*, tidak berjelaga, tidak berdesis tetapi ujungnya tidak runcing. Bila diperhatikan secara seksama (memakai kacamata las), terlihat sedikit kelopak di sekitar api inti.

Api netral merupakan api yang diharapkan untuk digunakan mengelas hampir semua jenis bahan logam, kecuali yang telah disebut pada api *carburizing* dan *oxidizing,* serta bahan tertentu yang sensitif terhadap gas *acetylene* atau gas hasil reaksinya dengan oksigen, misalnya titanium. Hal ini disebabkan api netral tidak akan menambah ataupun mengurangi unsur C atau unsur lain ke dalam benda kerja.

Gambar Api *Carburizing*

Gambar Api *Oxidizing*

Gambar Api Netral

Peralatan Dan Perlengkapan Pemanasan Dan Pemotongan Termal (Las Oxyacetylene)

Peralatan Las Oxy*acetylene*

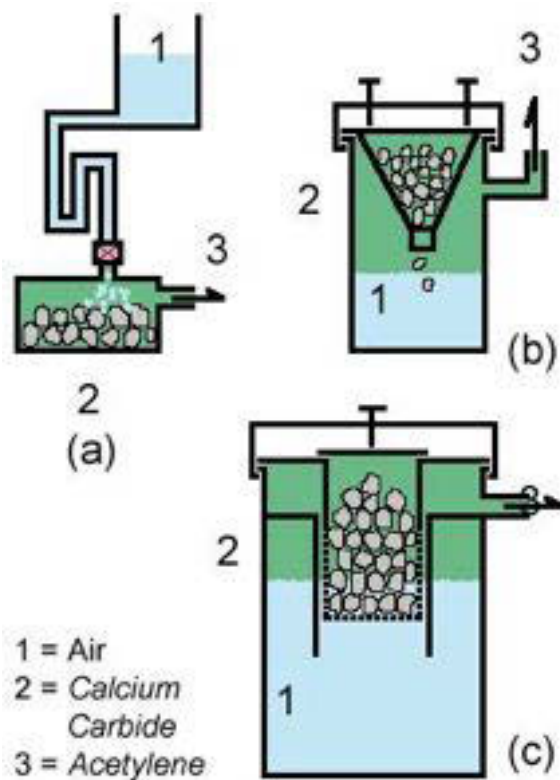
a. Generator

Generator *acetylene* digunakan untuk memproduksi gas *acetylene* dengan bahan baku *calcium carbide* yang direaksikan dengan air. Pemakaian generator untuk memproduksi *acetylene* dapat menekan biaya operasional dibandingkan dengan memakai *acetylene* dalam tabung. Keterbatasan yang dijumpai adalah tekanan *acetylene* yang lebih labil dibandingkan menggunakan tabung. Disamping itu memerlukan operator dan waktu tersendiri untuk mengoperasikannya. Biaya operasional menjadi tidak jauh berbeda bila operator kurang memperhatikan volume bahan baku yang dimasukkan ke dalam generator dengan volume pekerjaan yang akan dilaksanakan pada hari yang sama karena dianjurkan tidak meninggalkan generator yang berisi dalam waktu lama, misal semalam.

memerlukan perlakuan yang lebih hati-hati daripada *acetylene* dalam tabung. Walaupun begitu, generator *acetylene* masih banyak dipakai di negara berkembang seperti Indonesia karena alasan distribusi *acetylene* tabung masih belum lancar dan merata, khususnya untuk daerah yang

jauh dari industri *acetylene* atau daerah terpencil yang sarana transportasinya masih terbatas.

Proses kerja generator relatif sederhana, yaitu mempertemukan *calcium carbide* dengan air secara proporsional sesuai dengan kebutuhan gas *acetylene*. Pertemuan air dengan *calcium carbide* segera diikuti reaksi yang menghasilkan gas *acetylene* yang ditampung dalam generator sebelum dipakai.

Ditinjau dari sistem bertemunya air dengan *calcium carbide*, generator dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu : (a) sistem air menetes, (b) sistem desak atau cebur (*calcium carbide* dijatuhkan ke dalam air sedikit demi sedikit), dan (c) sistem *calcium carbide* dicelupkan.

Gambar 7.9. Ilustrasi pembuatan a*cetylene*

b. Tabung Acetylene

Pemakaian generator untuk memproduksi sendiri gas *acetylene* yang digunakan untuk mengelas memang lebih murah dibanding membeli gas *acetylene* yang sudah siap dipakai dan disimpan dalam tabung.

Namun kekurangan memproduksi gas sendiri adalah tekanan gas yang kurang stabil.

Gambar 7.10. Tabung *Acetylene*

Oleh karena itu *acetylene* diproduksi di pabrik *acetylene* dan dikemas dalam tabung agar mudah dibawa kemana saja. *Acetylene* disimpan dalam tekanan tinggi sehingga dapat digunakan cukup lama dengan tekanan kerja yang relatif stabil. Untuk memenuhi peraturan keselamatan kerja dan memudahkan transportasi maka terdapat beberapa ketentuan tentang tabung *acetylene*.

c. Tabung Oksigen

Ditinjau dari zatnya, oksigen tidak berbahaya, namun karena oksigen disimpan pada tekanan relatif tinggi, maka tabung oksigen harus memenuhi beberapa ketentuan yang ada. Sebagai zat pembakar, oksigen bertekanan tinggi akan sangat mudah bereaksi dengan minyak, oli ataupun *grease*. Oleh karena itu peralatan perlengkapan tabung oksigen tidak boleh dilumasi. Sambungan-sambungan berulir yang sering dilepas terbuat dari bahan-bahan yang tidak berkarat, seperti kuningan sehingga tidak perlu pelumasan.

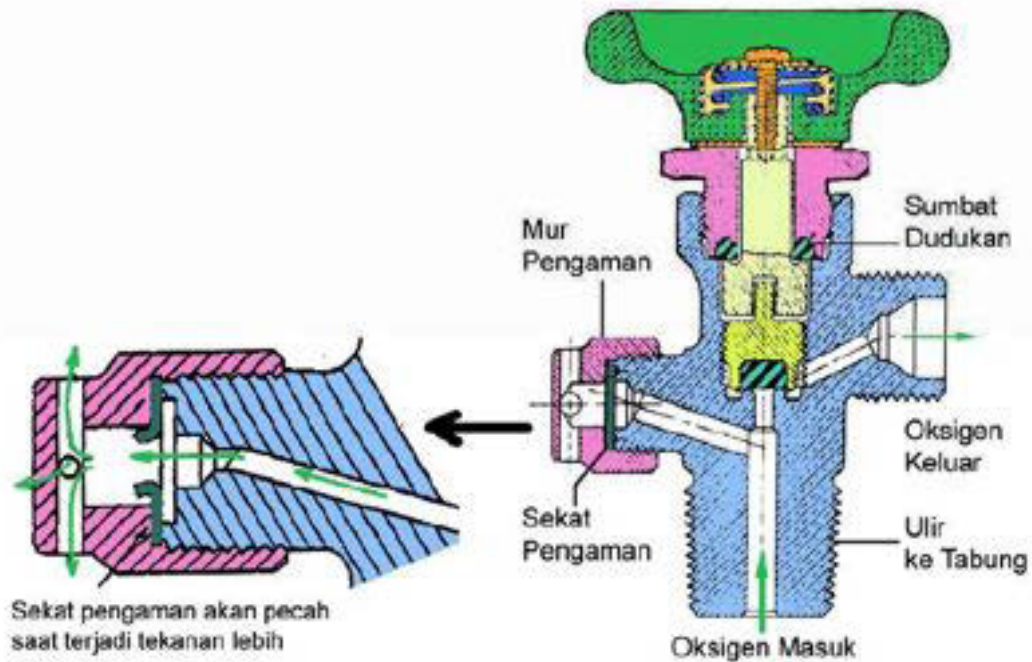
Ditinjau dari massanya, bila jatuh atau terbanting dapat membahayakan seseorang yang berada disekitarnya. Ditinjau dari besar tekanan maksimum yang ada, bila tabung jatuh dan menimpa benda keras lain maka tabung akan retak atau pecah. Pada keadaan terisi dengan tekanan penuh (150 kg/cm2), maka retakan atau pecahnya tabung akan diikuti ledakan keras yang sangat berbahaya, menyerupai bom.

Gambar *7*.11. Penampang tabung a*cetylene*

Oleh karena itu kesalahan penanganan tabung oksigen berisi penuh

dapat membahayakan jiwa personil yan berada di sekitarnya. Kerusakan fisik lain seperti bangunan dan peralatan yang ada juga tidak kecil harganya. Penanganan tabung gas (oksigen maupun *acetylene*) adalah: (a) menempatkan tabung pada dudukan yang kuat, ikatlah menggunakan tali yang kuat; (b) jauhkan dari sumber panas yang dapat menaikkan tekanan hingga melampaui tekanan ijin maksimum tabung; dan (c) menyimpan tabung pada ruang terbuka atau berventilasi cukup dan terpisah dari bahan bakar.

Untuk mengurangi kemungkinan timbulnya ledakan, maka pada saluran keluar oksigen dilengkapi dengan katup bahaya. Pada saat terjadi kelebihan tekanan karena terkena panas atau sebab lain, maka katup bahaya akan pecah namun tidak membahayakan. Setelah katup bahaya pecah, tekanan dalam tabung akan segera turun sehingga terhindar dari bahaya ledakan.

Katup bahaya terbuat dari bahan kuningan atau bahan sejenis yang lebih lemah dari body tabung. Karena bagian katup tersebut merupakan bagian pengaman yang lemah, maka pada saat tidak dipakai katup pengaman tersebut harus ditutupi dengan tutup baja yang tersedia.

Gambar 7.12. Katup Tabung Oksigen

Katup tabung dilengkapi dengan perapat dan katup bahaya. Katup tabung sebenarnya merupakan kran biasa yang dilengkapi perapat untuk menghindari kebocoran oksigen. Oleh karena itu bila membuka katup tabung, bukalah sampai penuh sehingga perapat tertekan. Bila tidak dibuka penuh justru akan terjadi kebocoran karena perapat belum berfungsi.

Untuk menghindari terjadinya bahaya kebakaran karena adanya kebocoran oksigen (katup bahaya pecah atau katup kerja kurang rapat menutup dan sebagainya) yang mungkin bersamaan dengan terjadinya kebocoran bahan bakar, maka dianjurkan untuk memisahkan ruang penyimpanan tabung oksigen dan tabung bahan bakar. Ruang penyimpanan dibatasi oleh dinding tahan api untuk menekan timbulnya bahaya kebakaran besar.

Lebih dari itu, tabung kosong dipisahkan dari tabung yang masih berisi sehingga mengurangi kemungkinan keliru mengambil. Ilustrasi penyimpanan tabung yang aman dapat dicermati pada gambar di bawah ini.

Gambar 7.13. Penyimpanan Tabung *Acetylene* dan Tabung Oksigen

d. Regulator

Untuk memperoleh api netral yang diharapkan sepanjang pengelasan, diperlukan proporsi campuran oksigen-*acetylene* yang tertentu dan tetap. Seperti telah dijelaskan dimuka bahwa oksigen dan *acetylene* yang digunakan untuk mengelas berasal dari dua sumber yang berbeda tekanannya. Keduanya berasal dari suatu tabung yang akan mengalami penurunan tekanan akibat pemakaian. Dengan kata lain tekanan tabung akan semakin menurun selama pengelasan sampai akhirnya gas dalam tabung habis (tekanan dalam tabung sama dengan tekanan udara bebas).

Berdasarkan adanya perbedaan tekanan yang diharapkan dan tekanan yang tersedia tersebut maka diperlukan sebuah alat yang disebut regulator. Regulator pada las *Oxy-acetylene* merupakan suatu peralatan mekanis yang digunakan untuk mengatur tekanan gas (besarnya tekanan tertentu dan dapat diatur), agar besarnya tekanan relatif tetap selama pengelasan berlangsung, walaupun tekanan dalam tabung terus menurun karena pemakaian.

Tekanan *acetylene* berbeda dengan tekanan oksigen sehingga pada

las oxy*acetylene* diperlukan dua buah regulator, yaitu regulator *acetylene* dan regulator oksigen. Secara prinsip kerja regulator untuk *acetylene* mupun oksigen sama, namun berbeda kapasitasnya. Agar tidak tertukar, maka regulator *acetylene* (dan gas bahan bakar pada umumnya) memakai ulir kiri sedangkan regulator oksigen memakai ulir kanan.

Gambar 7.14. Regulator *Acetylene* & Regulator Oksigen

Beberapa petunjuk pemakaian regulator :

1) Jagalah kebersihan regulator dari debu, endapan kotoran gas maupun kotoran lainnya yang dapat menyebabkan terhambatnya gerakan bagian-bagian regulator. Oleh karena itu sebelum memasang regulator, tabung oksigen sebaiknya dibuka dulu sesaat untuk melepaskan kotoran yang mungkin ada. Ingat, sewaktu membuka tabung oksigen untuk melepaskan kotoran jangan berdiri di depan saluran keluar. Semburan oksigen tabung bertekanan penuh (mencapai 150 kg/cm2) sangat kuat dan berbahaya.

Gambar 7.15. Membuang kotoran di dalam katup tabung oksigen

2) Regulator dan katup tabung gas dibuat dari kuningan atau bahan sejenis yang lebih lunak dari baja, oleh karena itu untuk membukanya harus menggu-nakan alat yang tepat. Bila katup dan regulator dilengkapi baut bersayap atau bertangkai, berarti cukup dibuka dengan tangan. Bila berupa baut/mur segi enam, gunakan kunci pas yang tepat, tidak boleh longgar ataupun sesak. Tidak diperbolehkan menggunakan kunci pipa ataupun kunci yang dapat diatur (Kunci Inggris). Pemakaian kunci atau alat lain yang tidak tepat dapat merusak baut/mur.

Gambar 7.16. Kunci pembuka katup tabung

3) Regulator tidak boleh dibuka sebelum katup tabung dibuka. Tutuplah regulator setiap selesai bekerja setelah katup tabung ditutup sehingga tidak ada gas yang terperangkap di dalam regulator. Regulator dalam keadaan tertutup sempurna apabila baut pengatur sudah pada posisi bebas.

4) Katup tabung harus dibuka dengan pelan sehingga tidak menimbulkan aliran gas kuat (jet) yang dapat menembus regulator.

5) Regulator dan katup tabung tidak memerlukan pelumasan, dan tidak boleh dilumasi. Untuk memeriksa kebocoran gas pada peralatan tersebut, pergunakan air sabun (yang tidak mengandung bahan bakar atau bahan yang mudah terbakar seperti minyak, oli, dan sebagainya).

6) Periksalah regulator secara periodik. Walaupun sudah diusahakan kebersihan secara maksimal, namun terkadang masih ada juga kotoran yang terbawa masuk dan meng-ganggu bekerjanya regulator.

e. Manometer

Regulator merupakan alat untuk mengatur tekanan, namun tekanan yang dihasilkan tersebut belum dapat dibaca tanpa menggunakan bantuan alat lain, oleh karena itu regulator harus dilengkapi dengan manometer.

Gambar *7*.17. Manometer

Manometer merupakan alat untuk mengukur tekanan gas, yang masuk ke regulator (tekanan di dalam tabung) dan tekanan yang akan keluar dari regulator (tekanan kerja). Jadi setiap regulator dilengkapi dua buah manometer.

Manometer adalah alat yang sensitif sehingga harus diperlakukan dengan hati-hati, tidak boleh tertumbuk atau jatuh.

f. **Selang *Acetylene* & Oksigen**

Selang las digunakan untuk menyalurkan gas yang keluar dari generator atau regulator ke pembakar.

Gambar *7*.18. Selang Las

Beberapa persyaratan utama selang gas adalah :

a) Kedap terhadap gas (tidak bocor,

b) Mampu menahan tekanan gas,

c) Tahan terhadap minyak atau pelumas, dan

d) Tidak kaku. Kebocoran pada selang mempunyai dampak negatif, selain menimbulkan bahaya kebakaran, kebocoran *acetylene* maupun oksigen merupakan suatu kerugian ekonomi.

Selang harus tahan terhadap tekanan gas dengan angka keamanan minimal 5 kali tekanan kerja, sehingga bila terjadi penyumbatan pada pembakar ataupun terjadi nyala balik selang masih mampu menahan kenaikan tekanan yang terjadi. Di beberapa negara industri dianjurkan

memakai selang dengan kapasitas 28 kg/cm2 berdasar hasil test pabrik pembuat.

Sewaktu digunakan selang tergeletak di lantai, lantai bengkel biasanya kotor oleh zat-zat sejenis minyak, pelumas dan benda-benda keras atau kasar. Oleh karena itu selang harus tahan terhadap minyak dan permukaan lantai yang kasar. Apalagi selang juga digeser-geser kesana kemari, untuk itu selang juga harus lentur.

Selang yang kaku menyulitkan pemakai dan kemungkinan cepat retak/ rusak apabila harus digeser-geser atau tertekuk. Keadaan itu menyebabkan selang akan cepat retak dan bocor.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut biasanya selang dibuat dari karet alam, karet buatan, plastik atau bahan sejenis lainnya sehingga tidak kaku dan kedap gas. Untuk menahan tekanan tinggi selang dilapisi bahan sejenis serat atau benang yang dianyam silang menyilang. Di bagian luar kemudian dilapisi bahan tahan minyak dan bahan kimia lain yang sering terdapat di daerah bengkel.

Oleh karena itu selang las terdiri atas tiga lapis. Walaupun dibuat tiga lapis, selang tetap tidak boleh terlindas atau terjepit benda keras lain, seperti besi dan sebagainya.

Gambar 7.19. Konstruksi Selang Las

ukuran 5; 6,6; dan 8 mm. Perbedaan diameter lubang selang dibuat untuk memenuhi perbedaan kebutuhan gas per satuan waktu, untuk pemakaian pembakar kecil atau pemotong *oxy-gas* dan sebagainya.

Karena gas yang disalurkan ada dua macam, yaitu *acetylene* dan

oksigen, maka selang juga dibedakan dengan kode warna. Selang *acetylene* (dan bahan bakar umumnya) berwarna merah, berarti bahaya. Selang oksigen berwarna biru, hijau atau hitam.
Untuk menghindari kesalahan perlakuan maka pemakaian selang tidak boleh ditukar dengan alasan apapun. Selang merah khusus untuk selang gas bahan bakar. Beberapa industri memproduksi selang yang digandeng satu sama lain dan sudah dipasangi konektor (penyambung) yang tidak dapat ditukar-tukar.

g. Brander

Gambar *7*.20. Brander Las

Brander berfungsi untuk mencampur oksigen dengan gas bahan bakar dan membakarnya serta untuk mengarahkan api yang dihasilkan. Brander sering disebut pembakar, walaupun sebutan ini tidak salah namun kurang tepat karena pembakar baru merupakan salah satu fungsi brander. Bagian utama brander meliputi katup pengatur api, tangkai (pegangan), pencampur gas dan moncong brander.
Katup pengatur api adalah katup biasa berupa kran yang berfungsi untuk mengatur besar kecilnya jumlah gas yang lewat persatuan waktu. Semakin lebar dibuka, semakin banyak gas yang lewat. Terdapat dua katup pada brander, yaitu katup oksigen dan katup *acetylene* yang dapat diatur secara terpisah untuk mendapatkan proporsi campuran yang sesuai dengan api yang diinginkan, yaitu netral, *carburizing,* ataupun *oxidizing*.

Gambar 7.21. Penampang Brander Las

Tangkai atau pegangan berguna sebagai tempat memegang brander. Agar panas brander tidak tersalur ke tangan, maka pegangan dilapisi bahan yang tidak menghantar panas, misalnya ebonit. Pegangan juga berfungsi untuk menempatkan katup pada pangkalnya dan untuk menempatkan pencampur pada ujungnya. Pada bagian dalam pegangan terdapat dua saluran, yaitu saluran oksigen dan *acetylene*.

Brander, terutama pada bagian moncong dibuat dari tembaga. Tembaga merupakan bahan pengantar panas yang tinggi, sehingga panas yang diterima segera disalurkan ke sepanjang benda. Dengan demikian moncong terhindar dari panas yang berlebihan (*over heated*) dan mengurangi timbulnya nyala balik.

Moncong merupakan penentu ukuran brander, oleh karena itu harus selalu dirawat dengan baik. Beberapa tindakan yang perlu diperhatikan untuk menjaga keawetan moncong :

1) Tidak boleh digunakan untuk mengambil atau mendorong benda kerja.

2) Tidak boleh melepas moncong dalam keadaan panas.

3) Untuk melepas ujung moncong harus menggunakan kunci pas yang tepat. Tidak boleh menggunakan tang atau alat sejenis.

4) Usahakan moncong tidak menyentuh kawah lasan.

5) Apabila lubang moncong kotor, bersihkanlah menggunakan alat pembersih khusus yang sudah dibuat untuk tujuan tersebut. Gunakan pembersih lubang moncong yang tepat atau berdiameter lebih kecil

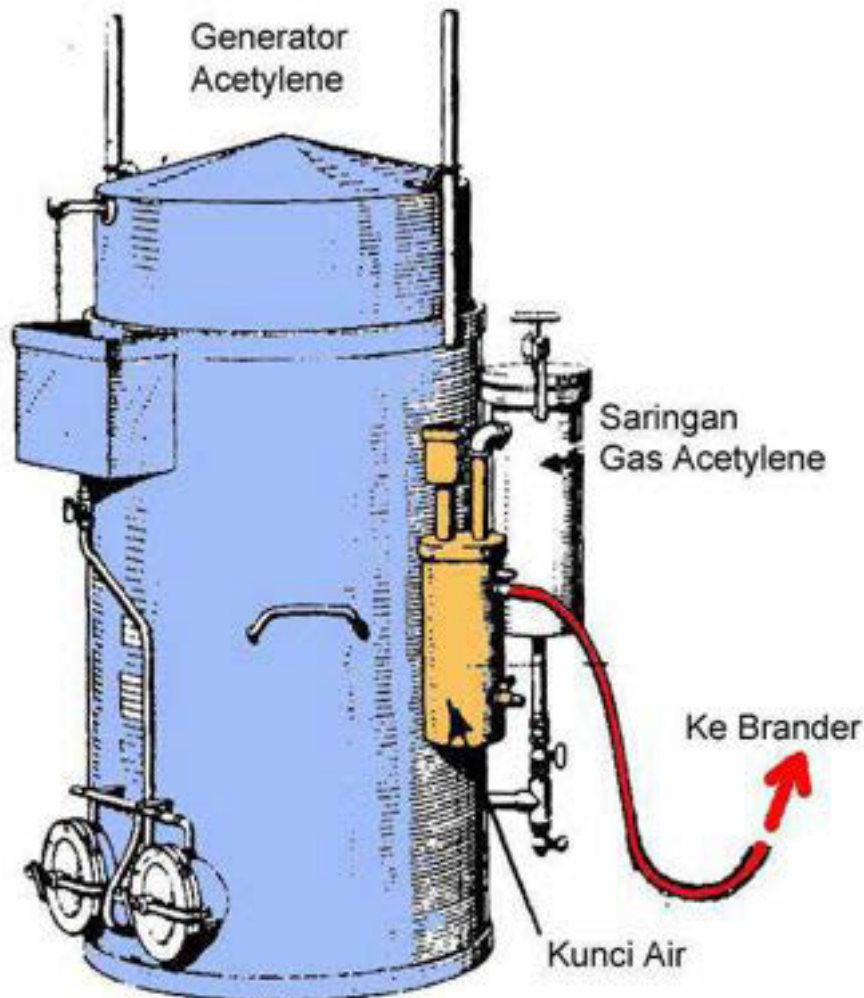
dari lubang moncong.

Gambar 7.22. Pembersih Moncong Brander

h. Kunci Air

Pada pekerjaan pengelasan, api las dihasilkan dari proses pembakaran gas bahan bakar yang bercampur dengan udara. Proses pencampuran gas bahan bakar dan udara dilakukan pada bagian pencampur yang terdapat pada brander. Apabila proses pencampuran gas bahan bakar dan udara terjadi sebelum mencapai brander, dimungkinkan terjadi nyala balik pada selang maupun regulator. Nyala balik yang terjadi pada selang ataupun regulator tidak diharapkan dan sangat berbahaya karena dapat menimbulkan bahaya ledakan. Untuk mencegah kemungkinan terjadinya nyala balik campuran gas bahan bakar dan udara, peralatan las *oxy-acetylene* dilengkapi dengan kunci air.

Kunci air adalah alat keselamatan kerja yang harus dipakai pada las *Oxy-acetylene*, yang mengguna-kan generator maupun *acetylene* dari tabung (yang menggunakan manipol). Kunci air harus dipasang antara generator atau regulator *acetylene* (*acetylene* dalam tabung) dengan selang yang menyalurkan gas ke pambakar. Untuk *acetylene* tabung tunggal dapat dipakai katup pengaman seperti pada gambar.

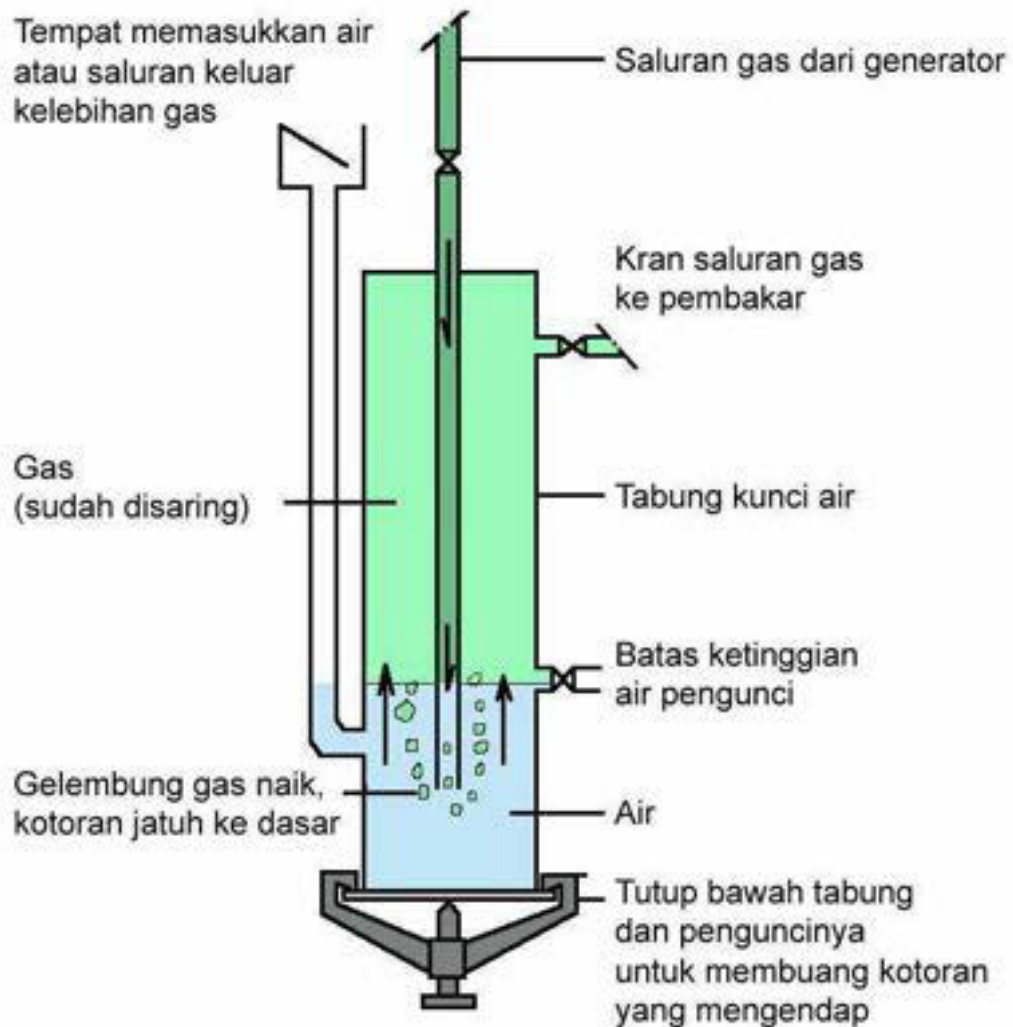
Fungsi utama kunci air adalah menahan nyala balik supaya tidak masuk ke dalam generator atau tabung *acetylene*. Nyala balik dapat menimbulkan kebakaran atau ledakan bila sempat masuk ke dalam generator atau tabung *acetylene*. Fungsi kedua dari kunci air adalah mencuci ulang gas dari kotoran yang mungkin masih ada.

Gambar 7.23. Kunci Air Generator *Acetylene*

Prinsip kerja kunci air adalah sebagai berikut:

Gas dari generator atau tabung masuk ke kunci air melalui saluran masuk yang ujungnya terbenam air. Karena sifat gas dan adanya tekanan yang lebih besar maka gas tersebut menerobos air dan membentuk gelembung-gelem-bung, menembus air dan naik ke atas permukaan air. Gas kemudian ditampung dalam ruang gas di atas permukaan air.

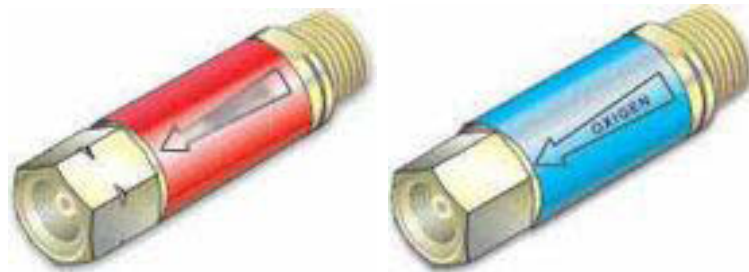
Bila kran keluar yang menuju ke pembakar dibuka maka gas mengalir ke pembakar dan siap dipakai. Selama pengelasan sering terjadi nyala balik yang mengalir dari pembakar dan menelusuri selang menuju ke kunci air. Nyala balik tersebut tidak dapat masuk ke generator atau tabung karena tertahan oleh air yang ada. Jadi adanya air dalam

peralatan ini hanya memungkinkan aliran gas ke satu arah saja (tidak terjadi aliran balik). Itulah sebabnya dinamakan kunci air, air berfungsi sebagai pengunci aliran balik.
Terdapat empat kemungkinan posisi air dalam kunci air, seperti dijelaskan di bawah ini.

a. tekanan gas di atas air (di dalam kunci air) terlalu besar karena kelebihan produksi atau ada nyala balik. Permukaan air di dalam tabung terdorong ke bawah sehingga air pada saluran pelepas gas akan naik. Setelah permukaan air di dalam kunci air mencapai lubang saluran pelepas, maka tekanan tidak akan naik lagi karena gas dapat menerobos air dan lepas ke udara bebas melalui saluran pelepas.
b. Gas pada tekanan kerja dan sedang dipakai mengelas sehingga tekanan relatif stabil. Gas dari generator masuk dan menerobos air terus naik ke atas permukaan air.
c. Tekanan gas masih kecil, sama dengan tekanan udara bebas. Permukaan air masih belum berubah, yaitu setinggi batas yang diisikan sesuai aturan.
d. Air yang diisikan terlalu sedikit sehingga permukaan air di bawah lubang saluran pelepas. Bila ada aliran gas dari generator maka gas tersebut akan langsung keluar melalui saluran pelepas ke udara bebas sehingga tidak dapat digunakan untuk mengelas. Kunci air tidak berfungsi bila kekurangan air, apalagi bila tidak diisi air.
Oleh karena itu kunci air harus selalu diperiksa dan diisi air setiap akan bekerja untuk mencegah terjadinya kebakaran atau meledaknya generator karena nyala balik masuk ke dalamnya.

Gambar 7.24. Skema Kerja Kunci Air

i. Katup Pengaman

Katup pengaman mempunyai fungsi sama dengan kunci air, yaitu untuk menahan nyala balik. Katup pengaman harus dipasang pada *acetylene* tabung tunggal yang digunakan untuk melayani langsung satu pembakar tanpa kunci air. Katup pengaman dipasang diantara selang las dan brander, sehingga pada mesin las yang digunakan untuk melayani

beberapa brander, maka katup pengaman harus dipasangkan pada setiap brander.

Gambar *7*.25. Katup pengaman *acetylene* dan oksigen

Cara kerja katup pengaman nyala balik adalah sebagai berikut.

a. Katup hanya dapat menyalurkan gas dari satu arah saja, yaitu dari regulator ke selang. Apabila ada nyala balik dari pembakar masuk ke selang akan tertahan oleh katup tersebut. *Acetylene* dari regulator dapat keluar setelah menekan pegas rambut dan pegas spiral yang ada.

b. Sebaliknya, gas dari selang tidak dapat masuk ke regulator karena katup selalu merapat pada dudukannya karena ditekan oleh pegas spiral yang ada.

j. Setting/Instalasi Peralatan Las

Setting atau instalasi peralatan las *oxy-acetylene* disesuaikan dengan pekerjaan yang akan dilakukan. Apabila pekerjaan yang dilakukan berpindah-pindah dan volume pekerjaan relatif kecil, maka setting peralatan portabel adalah pilihan yang tepat.

Gambar 7.26. Instalasi Peralatan Las *Oxy-acetylene* Portabel

Apabila menggunakan generator untuk memproduksi *acetylene* yang akan dipakai maka sebaiknya menggunakan kereta dorong terpisah antara generator dan tabung oksigen.

Yang perlu diperhatikan pada setting peralatan, khususnya yang memproduksi sendiri *acetylene* dengan menggunakan generator maka diperlukan selang gas yang lebih panjang untuk memperoleh jarak minimum. Jarak antara generator ke tempat kerja tidak boleh kurang dari 4 meter, sehingga generator tidak terjangkau oleh percikan/loncatan bunga api yang terjadi di tempat las. Setting peralatan portabel biasanya hanya dipakai pada satu pasang tabung gas untuk satu brander.

k. Peralatan Pelengkap

Pakaian Mengelas

Pakaian mengelas diperlukan untuk melindungi tubuh pekerja selama melaksanakan pekerjaan mengelas maupun pada saat berada di lingkungan pengelasan. Pekerjaan las *oxy-acetylene* menimbulkan radiasi, panas dan percikan bara api yang dapat menimbulkan rasa pedih dan terbakar pada kulit dan mata. Pakailah pakaian mengelas khusus,

appron atau pakaian yang terbuat dari bahan tahan panas dan percikan api, misalnya pakaian yang terbuat dari bahan kulit atau jeans tebal. Sarung tangan las juga diperlukan apabila dapat menambah kenyamanan dalam melaksanakan pekerjaan mengelas.

Gambar 7.27. *Appron* dan Sarung Tangan Las

Kacamata Las

Nyala dan percikan logam cair pada las *Oxy-acetylene* memancarkan sinar ultraviolet dan infra merah. Sinar ini membahayakan pada mata. Untuk mencegah bahaya ini diperlukan kacamata las. Lensa kacamata las *Oxy-acetylene* mempunyai diameter 50 mm dan tiap kacamata mempunyai dua pasang lensa. Bagian luar merupakan kaca bening, sedangkan bagian dalam adalah kaca gelap. Tingkat kegelapan kaca

bagian dalam bervariasi, penggunaannya dapat disesuaikan menurut kenyamanan. Biasanya nomor tingkat kegelapan berkisar antara 5 – 8.

Gambar 7.28. Kacamata Las *Oxy-acetylene*

Alat Penyala Api Las

Menyalakan api las pada brander dianjurkan tidak memakai korek api biasa karena tangan dapat saja tersembur api las, yang dapat mengakibatkan luka bakar. Untuk menyalakan api las dapat menggunakan korek api las yang bertangkai panjang Korek api las tidak memerlukan bahan bakar.

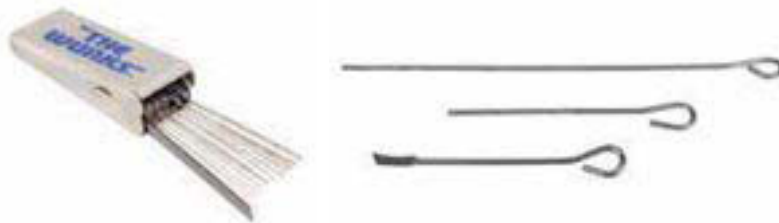
Campuran *Oxy-acetylene* merupa-kan zat yang sangat mudah terbakar, bunga api yang kecil sekalipun sudah cukup untuk menyalakan api *Oxy-acetylene*. Oleh karena itu korek api las hanya menghasilkan bunga api yang diperoleh dengan cara menggo-reskan batu korek pada bahan kasar atau sejenis kikir halus. Bunga api yang terjadi sudah cukup untuk menyalakan campuran *Oxy-acetylene* yang berada dalam

jangkauan bunga api tersebut.

Gambar 7.29. Korek Api Las

Pembersih Moncong Brander

Selama mengelas, ada kalanya lubang moncong brander kotor atau tersumbat oleh endapan karbon atau terak. Kotoran-kotoran tersebut akan mengganggu pekerjaan mengelas dan dapat mengurangi kualitas lasan. Agar dihasilkan pekerjaan lasan yang baik, kotoran karbon atau terak yang terdapat pada ujung moncong brander harus dibersihkan secara teratur. Untuk membersihkannya diperlukan alat pembersih khusus yang tidak merusak atau memperbesar lubang moncong.

Alat pembersih ujung moncong brander terdiri atas sejumlah kawat dengan diameter yang bervariasi. Pemilihan penggunaan kawat pembersih disesuaikan dengan ukuran lubang moncong brander, yaitu sama atau lebih kecil dari ukuran lubang yang akan dibersihkan.

Gambar 7.30. Alat Pembersih Ujung Moncong Brander

Prosedur pembersihan ujung moncong brander adalah sebagai berikut.

a. Memilih diameter kawat pembersih yang sesuai dengan ukuran lubang moncong brander yang akan dibersihkan.

b. Membersihkan lubang moncong brander dengan cara menggesekkan kawat pembersih ke dinding lubang secara perlahan (tidak perlu terlalu ditekan atau digosokkan dengan kuat karena hal itu dapat merusak atau memperbesar ukuran lubang brander !!!).

c. Membersihkan dan meratakan ujung moncong brander menggunakan kikir kecil.

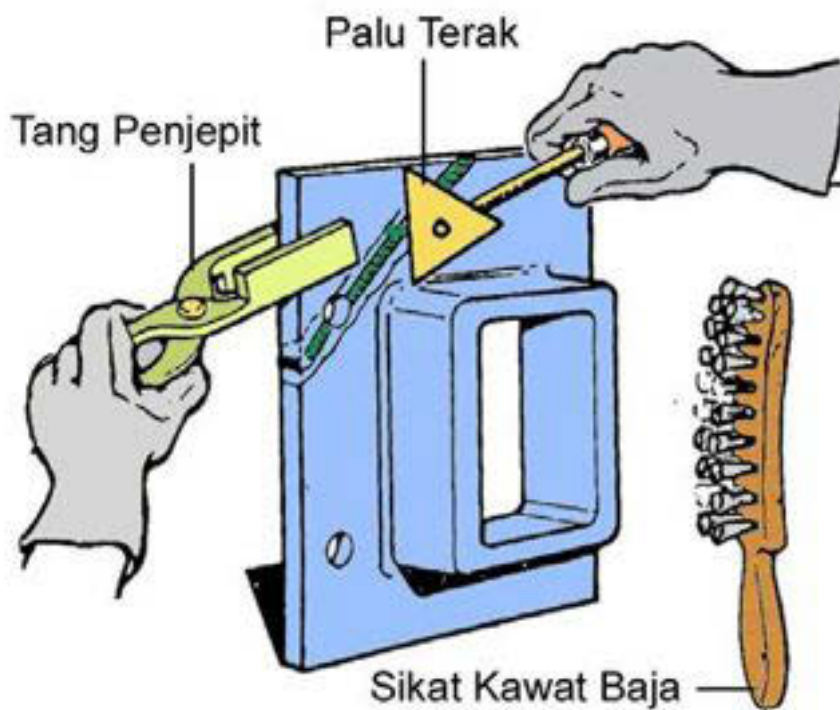
Gambar 7.31. Prosedur Pembersihan Ujung Moncong Brander

Kereta Tabung

Perlengkapan yang sangat diperlukan pada peralatan las portabel adalah kereta tabung *acetylene* dan oksigen sendiri-sendiri (terpisah) atau gabungan keduanya. Kereta juga dapat digunakan pada generator portabel. Pada pekerjaan mengelas yang berpindah-pindah, pemakaian kereta dorong tidak saja meringankan kerja fisik pengelas tetapi juga untuk meningkatkan keselamatan kerja. Kemungkinan tabung/generator terbanting atau terjatuh saat pemindahan menjadi berkurang bila didorong menggunakan kereta, daripada diangkat langsung

Gambar 7.32. Kereta Dorong untuk Peralatan Las Portabel

Pemegang Benda Kerja dan Peralatan Pembersih Terak

Terak (*flux*) yang melekat pada sambungan lasan dapat dihilang-kan dengan mudah selagi benda kerja dan terak dalam keadaan panas. untuk membersihkan terak diperlukan palu terak dan sikat kawat baja, disamping itu juga diperlukan tang penjepit untuk mengambil dan memegang benda kerja.

Gambar *7*.33. Pembersihan Terak

Gambar . *7*.34. Sikat Kawat

Gambar *7*.35. Tang Penjepit

7.6. Bahan tambah

Mengelas *oxy-acetylene* dapat dilakukan dengan atau tanpa bahan tambah. Persyaratan kualitas bahan tambah yang diperlukan pada prinsipnya adalah sama dengan benda kerja. Bahan tambah tersedia di pasaran berbentuk batangan berpenampang bulat seperti kawat

sepanjang satu meter. Besarnya diameter bervariasi, yaitu : 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6,5 ; dan 8 mm.
Disamping bahan tambah, mengelas khususnya pada benda bukan besi sering pula memerlukan flux. Flux berfungsi untuk membersihkan benda kerja dari bahan oksida, minyak, dan kotoran senyawa lain. Flux juga diperlukan pada *soldering* dan *brassing*.

Prosedur Pemanasan Dan Pemotongan Termal (Las Oxyacetylene)

Prosedur Pengelasan dengan *Oxy-acetylene*

a. Prosedur Umum Pengelasan

1. Persiapan

Mempersiapkan area kerja dari material yang mudah terbakar serta mengupayakan ventilasi yang cukup. Bila perlu tambahkan alat penghisap asap pengelasan pada tempat kerja.

Gambar 7.36. Alat penghisap asap pengelasan
Memeriksa instalasi peralatan las dari kebocoran gas pada sambungan. Gunakan cairan sabun, atau 5% cairan pembersih yang dilarutkan dalam air. Oleskan pada tempat yang akan diperiksa menggunakan kuas lunak.
Menyiapkan seluruh peralatan pengelasan yang diperlukan, termasuk alat-alat perleng-kapan keselamatan kerja.

Mempersiapkan benda kerja yang akan dilas. Bersihkan permukaan benda kerja dari minyak, karat, ataupun kotoran-kotoran yang dapat mengganggu pengelasan.
Setelah benda kerja dibersihkan, tempatkan benda kerja pada posisi yang stabil untuk dilas, bila perlu gunakan ragum atau klem untuk menjepit benda kerja.

Gambar 7.37. Posisi Pemeriksaan Kebocoran Instalasi Las

2. Menyalakan dan mengatur api las

Memastikan kran *acetylene* dan oksigen pada brander dalam kondisi tertutup.

Mengatur tekanan kerja gas *acetylene* dengan cara sebagai berikut :

 Membuka katup tabung *acetylene* sepenuhnya agar gas *acetylene* dalam tabung mengisi regulator.

 Membuka katup regulator *acetylene* dan mengatur tekanan kerja gas *acetylene* sesuai dengan ukuran brander yang digunakan. Pada umumnya tekanan kerja gas *acetylene* berkisar antara 5 psi. Jangan

15 psi – akan mengakibatkan bahaya ledakan.

 Membuka kran *acetylene* pada brander, hingga gas *acetylene* mengalir keluar melalui ujung moncong brander. Atur kembali tekanan kerja gas *acetylene* pada regulator hingga stabil sesuai tekanan kerja yang diijinkan. Tutup kembali kran *acetylene* pada brander.

Mengatur tekanan kerja gas oksigen dengan cara sebagai berikut :

 Membuka katup tabung oksigen sepenuhnya agar gas *acetylene* dalam tabung mengisi regulator.

 Membuka katup regulator oksigen dan mengatur tekanan kerja gas oksigen sesuai dengan ukuran brander yang digunakan, biasanya ampir dua kali tekanan kerja gas *acetylene*. Pada umumnya tekanan kerja gas oksigen berkisar antara 10 psi.

 Membuka kran oksigen pada brander, hingga gas oksigen mengalir keluar melalui ujung moncong brander. Atur kembali tekanan kerja gas oksigen pada regulator hingga stabil sesuai tekanan kerja yang diijinkan. Tutup kembali kran oksigen pada brander.

Memulai menyalakan api las, dengan membuka sedikit kran *acetylene* pada brander (± 1/8 putaran) hingga terdengar gas *acetylene* mengalir keluar dari ujung moncong brander.

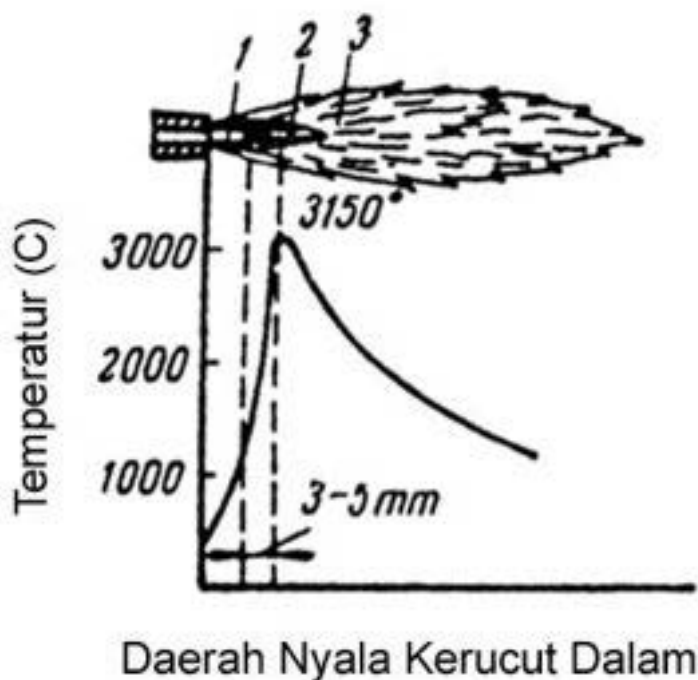
Arahkan moncong brander ke area yang aman, kemudian gunakan

korek api las untuk menyalakan api *acetylene*. Api *acetylene* berwarna kuning dan menimbulkan jelaga.

Membuka kran oksigen sedikit demi sedikit, perhatikan perubahan api las pada ujung moncong brander. Atur pembukaan kran *acetylene* dan oksigen hingga diperoleh api las yang diinginkan. Apabila api las mati, nyalakan dan atur kembali dengan cara menutup terlebih dahulu kran oksigen sebelum menyalakan api *acetylene*.

3. Melaksanakan pengelasan

Arahkan api las ke permukaan kampuh sambungan untuk mulai memanaskan benda kerja.

Gunakan kerucut nyala api dalam yang berwarna kebiruan untuk memanasi permukaan benda kerja (biasanya menghasilkan jarak berkisar antara 3 – 5 mm antara ujung moncong brander dengan permukaan benda kerja), karena pada nyala itulah dihasilkan temperatur nyala api yang paling tinggi.

Gambar 7.38. Jarak Nyala Api dan Temperatur Las

Banyaknya panas nyala api yang disalurkan ke benda kerja tergantung pada :

Jarak kerucut api las ke permukaan benda kerja yang dipanasi, dan

 Besar sudut kemiringan moncong brander terhadap permukaan benda kerja.

Permukaan logam akan mulai mencair dan terlihat mengkilap, lanjutkan proses pemanasan kampuh las hingga meleleh dan terbentuk kolam kecil pada kampuh sambungan (biasa disebut kawah lasan). Agar terjadi ikatan las, kedua bagian benda kerja harus meleleh pada saat dilakukan pengelasan.

Setelah kedua benda kerja meleleh bersama dan membentuk kawah lasan, gunakan api las untuk sedikit mengaduk kawah lasan agar kedua benda kerja menyatu dan menghasilkan jalur sambungan lasan. Bila perlu masukkan bahan tambah untuk membantu penyatuan kedua bagian benda kerja.

Setelah terjadi penyatuan kawah lasan, gerakkan api las secara perlahan dan kontinyu mengikuti jalur kampuh sambungan hingga selesai.

4. Mematikan api las dan membersihkan hasil lasan

Setelah proses pengelasan selesai, matikan nyala api las dengan mengikuti prosedur berikut :

 Untuk sistem tekanan tinggi, matikan nyala api las dengan terlebih dahulu menutup kran *acetylene* pada brander, kemudian diikuti dengan menutup kran oksigen pada brander.

 Untuk sistem tekanan rendah, matikan nyala api las dengan terlebih dahulu menutup kran oksigen pada brander, baru kemudian diikuti dengan menutup kran *acetylene* pada brander.

Bersihkan terak yang ada pada jalur lasan menggunakan palu terak dan sikat kawat baja sewaktu benda kerja masih panas. Hal ini akan memudahkan pembersihan terak dari benda kerja.

5. Mengakhiri pekerjaan las

Apabila pekerjaan las sudah selesai dan peralatan las tidak akan digunakan lagi, lakukan prosedur berikut ini:

 Matikan api las dengan menutup semua kran brander sesuai prosedur yang benar, kemudian kencangkan katup tabung

oksigen hingga tertutup rapat.

- Buka kran oksigen pada brander untuk mengeluarkan sisa tekanan kerja oksigen yang terdapat di sepanjang saluran oksigen. Tutup kembali kran oksigen pada brander setelah tekanan kerja habis (manometer tekanan kerja regulator oksigen menunjuk ke angka 0).
- Kendorkan katup regulator oksigen untuk memutuskan hubungan antara saluran dari tabung oksigen dengan saluran tekanan kerja.

Ulangi langkah di atas pada saluran gas *acetylene*.

Bersihkan area kerja dan semua peralatan yang digunakan, kemudian kembalikan semua peralatan pada tempat penyimpanannya.

b. Teknik Mengelas Menggunakan Las Oxy-acetylene

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada saat melakukan pengelasan *Oxyacetylene* :

- Pemanasan benda kerja menggunakan nyala api las harus terbagi rata pada kedua bagian benda kerja yang hendak disambung.
- Pemanasan benda kerja dilakukan secara berangsur-angsur hingga mencapai titik lebur.
- Ujung kawat pengisi dicairkan pada saat kampuh las sudah melebur.
- Ketika melakukan pengelasan posisi vertikal, kawah lasan tidak boleh terlalu besar agar benda kerja yang sedang berada dalam kondisi cair tidak tumpah.

Teknik Ayunan *Nozzle*

Beberapa pola ayunan *nozzle* yang sering digunakan pada las *Oxyacetylene* adalah :

A. Ayunan melingkar

B. Ayunan segitiga/zig-zag

C. Ayunan trapesium

D. Ayunan "*l* "

E. Ayunan "*e* "

F. Ayunan "*i* "

Gambar 7.39. Teknik Ayunan *Nozzle*

Mengelas tanpa bahan tambah

 Kampuh sudut luar dapat dilas tanpa menggunakan bahan tambah, bahan tambah diambil dari benda kerja itu sendiri.

 Benda kerja yang berada pada posisi vertikal ditonjolkan sedikit ke atas untuk dijadikan sebagai bahan pengisi kampuh.

 Kedudukan *nozzle* 30o – 45o terhadap bidang kerja.

 Kecepatan gerakan brander agak lambat.

Gambar 7.40. Mengelas Tanpa Bahan Tambah pada Kampuh Sudut Luar

Mengelas Posisi Mendatar (*Flat*)

Kampuh I

Kemiringan *nozzle* antara 60o – 70o.

 Kemiringan bahan tambah antara 30o – 40o.

 Bahan tambah dipanasi hingga mencair, dan digerakkan mengayun ke samping (kiri-kanan) untuk mengaduk kawah lasan.

Gambar *7*.41. Mengelas Kampuh I Pada Posisi *Flat*

Kampuh V

 Pada saat mengelas kampuh V, harus diperhatikan agar cairan las tidak menetes di muka nyala api las.

 Kemiringan *nozzle* 70o, sedangkan bahan tambah dimiringkan 60o terhadap jalur lasan.

 Pada saat mengisi jalur lasan, *nozzle* dan bahan tambah dijauhkan – didekatkan ke kampuh secara bersamaan dengan arah gerakan yang

berlawanan.

Contoh :

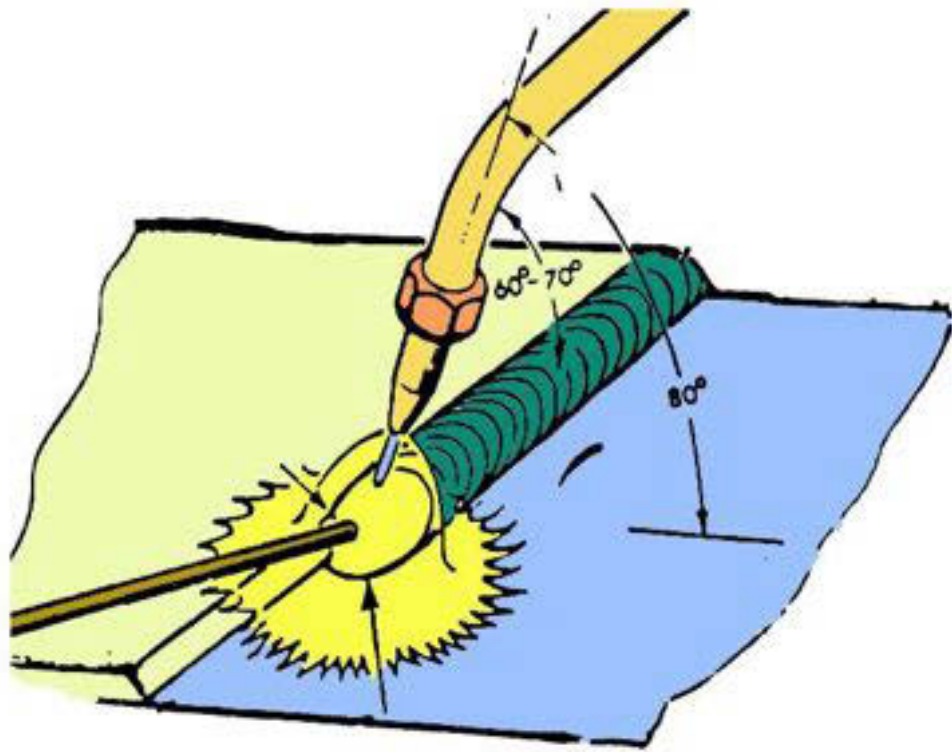
Saat *nozzle* dijauhkan, bahan tambah didekatkan ke kampuh, dan sebaliknya; dilakukan secara kontinyu hingga alur lasan selesai.

Gambar *7*.42. Mengelas Kampuh V Posisi *Flat*

Kampuh Berimpit

 Nyala api las diarahkan ke sudut kampuh agar pencairan terjadi pada kedua benda kerja.

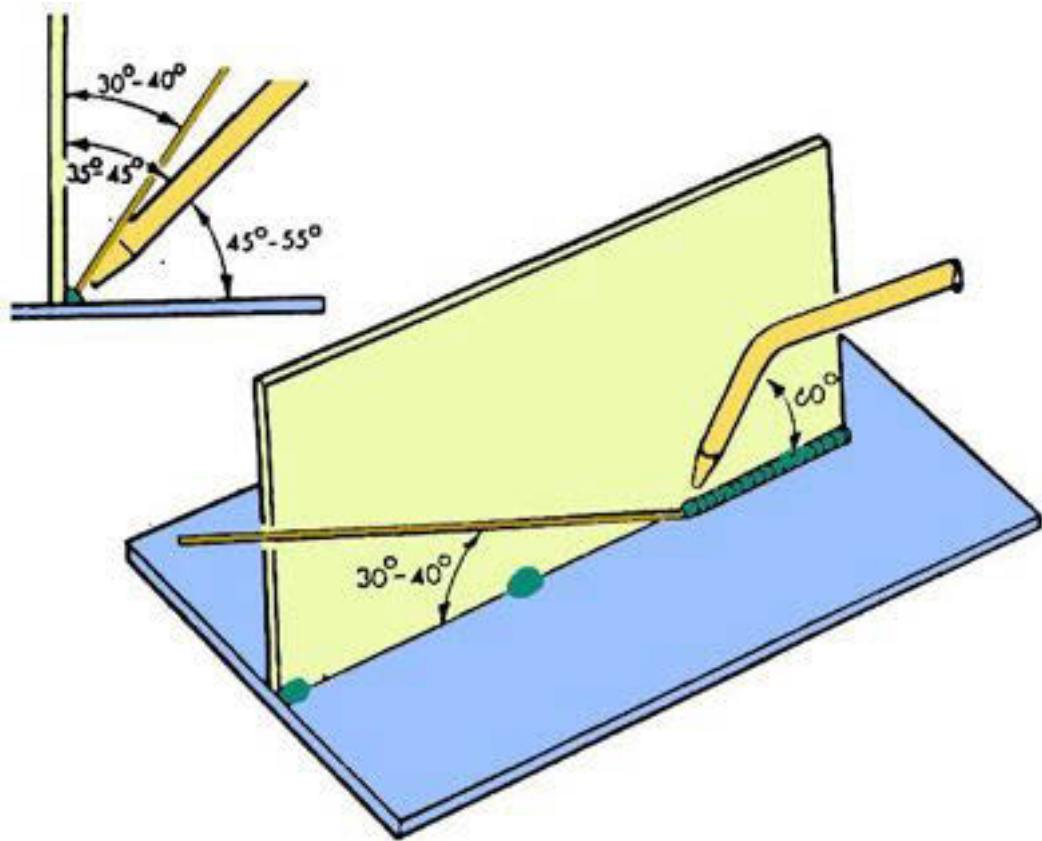
 Nozzle dimiringkan membentuk sudut 80o terhadap permukaan benda kerja dan 60o – 70o terhadap jalur lasan.

 Bahan tambah dimiringkan 30o – 40o terhadap jalur lasan.

Gambar *7*.43. Mengelas Sambungan Berimpit Pada Posisi *Flat*

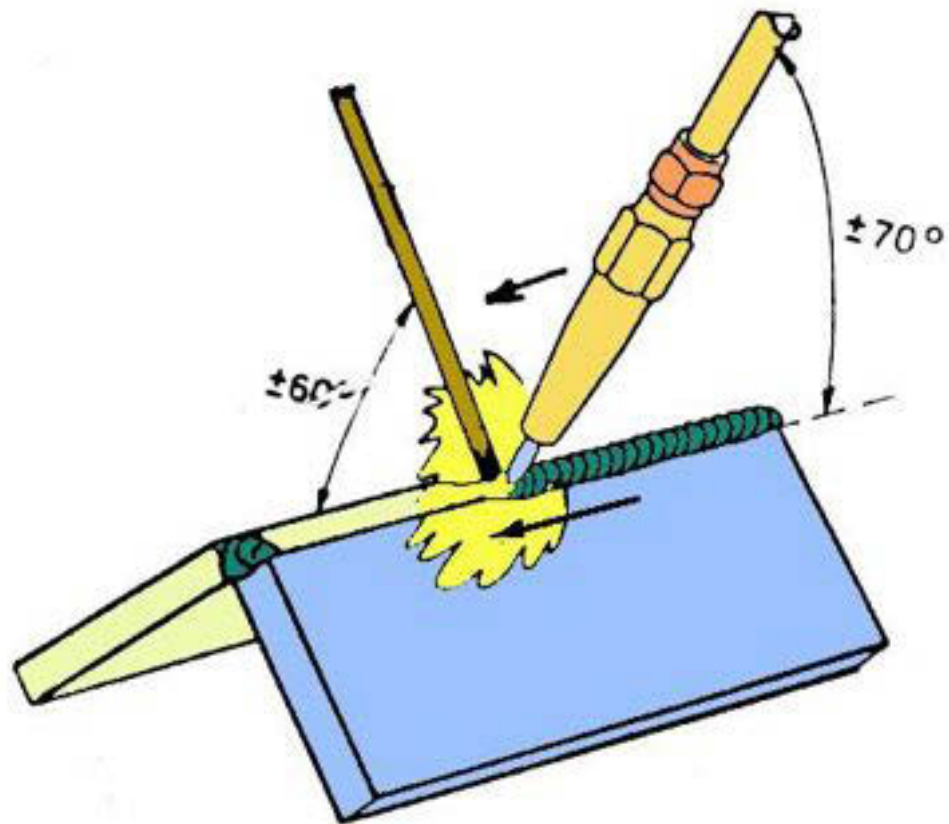
Kampuh T

 Posisi benda kerja diatur sedemikian rupa agar kampuh membuat sudut 45o terhadap bidang horisontal.

 Sebelum melakukan pengelas-an, buat titik-titik las pengikat (*tack weld*) beberapa tempat.

 Sudut jalan bahan tambah berkisar antara 30o – 40o terhadap jalur lasan.

Gambar 7.44. Mengelas Kampuh T Posisi *Flat*

Kampuh Sudut Luar

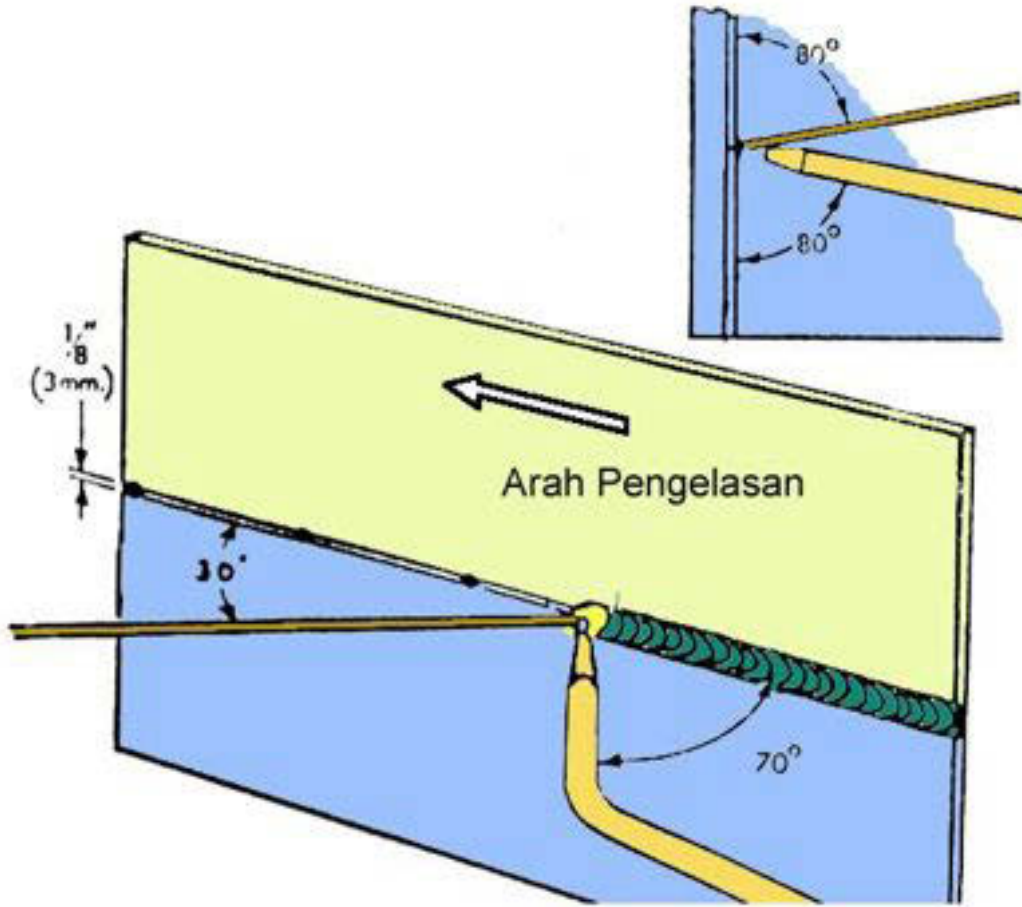
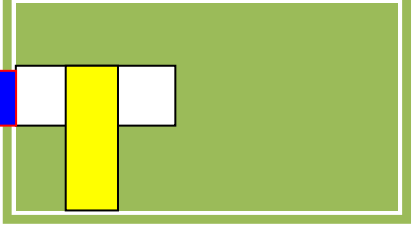
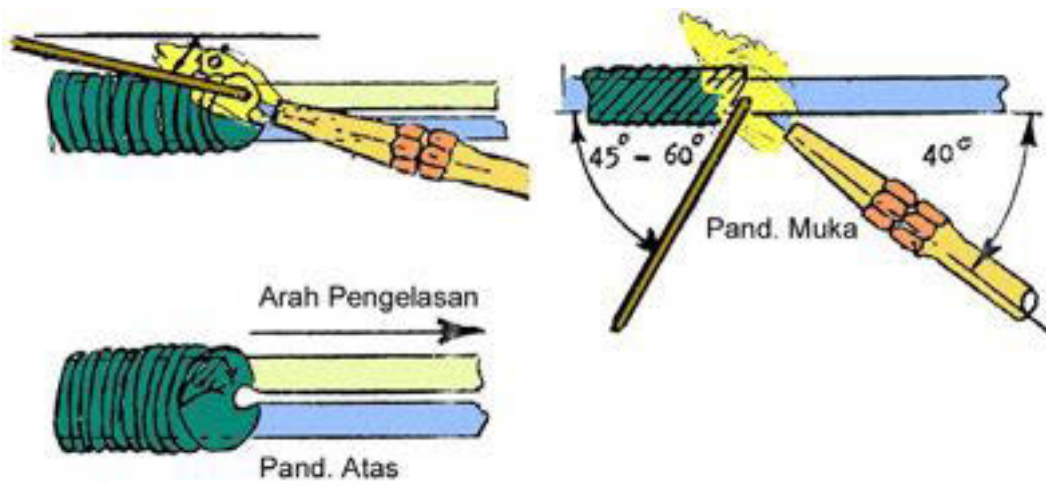
- Nyala api las diarahkan ke tengah kampuh.
- *Nozzle* digerakkan sepanjang jalur sambungan.
- Kemiringan *nozzle* sekitar 70o terhadap jalur lasan.
- Kemiringan bahan tambah sekitar 60o terhadap jalur lasan.

Gambar 7.45. Mengelas Kampuh Sudut Luar Posisi *Flat*

Mengelas Posisi Horisontal

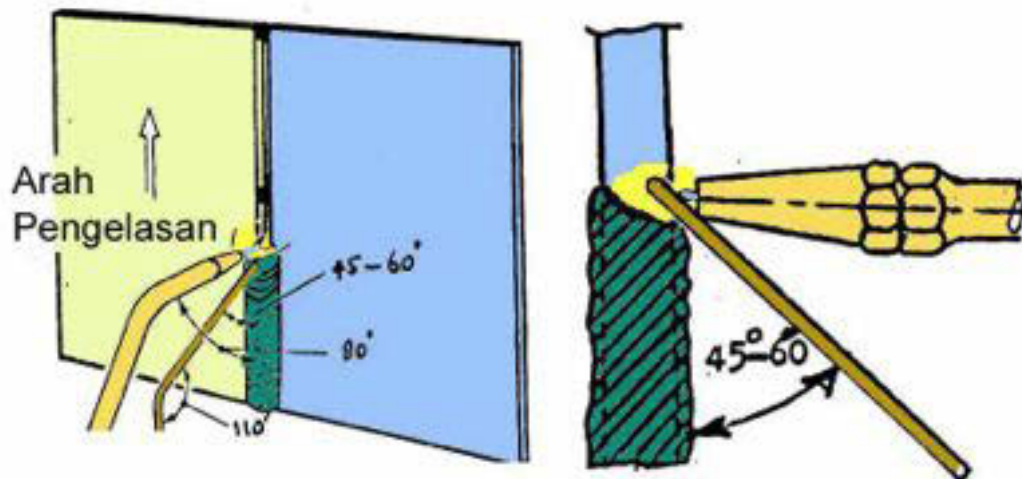
 Pada pengelasan posisi horisontal, cairan las cenderung mengalir ke bawah. Oleh karena itu posisi *nozzle* dimiringkan ke bawah 10o dari garis horisontal seperti pada gambar.

 Apabila cairan las terlihat akan meleleh, jauhkan nyala api las dari kawah lasan.

 Ayunan *nozzle* dilakukan sekecil mungkin.

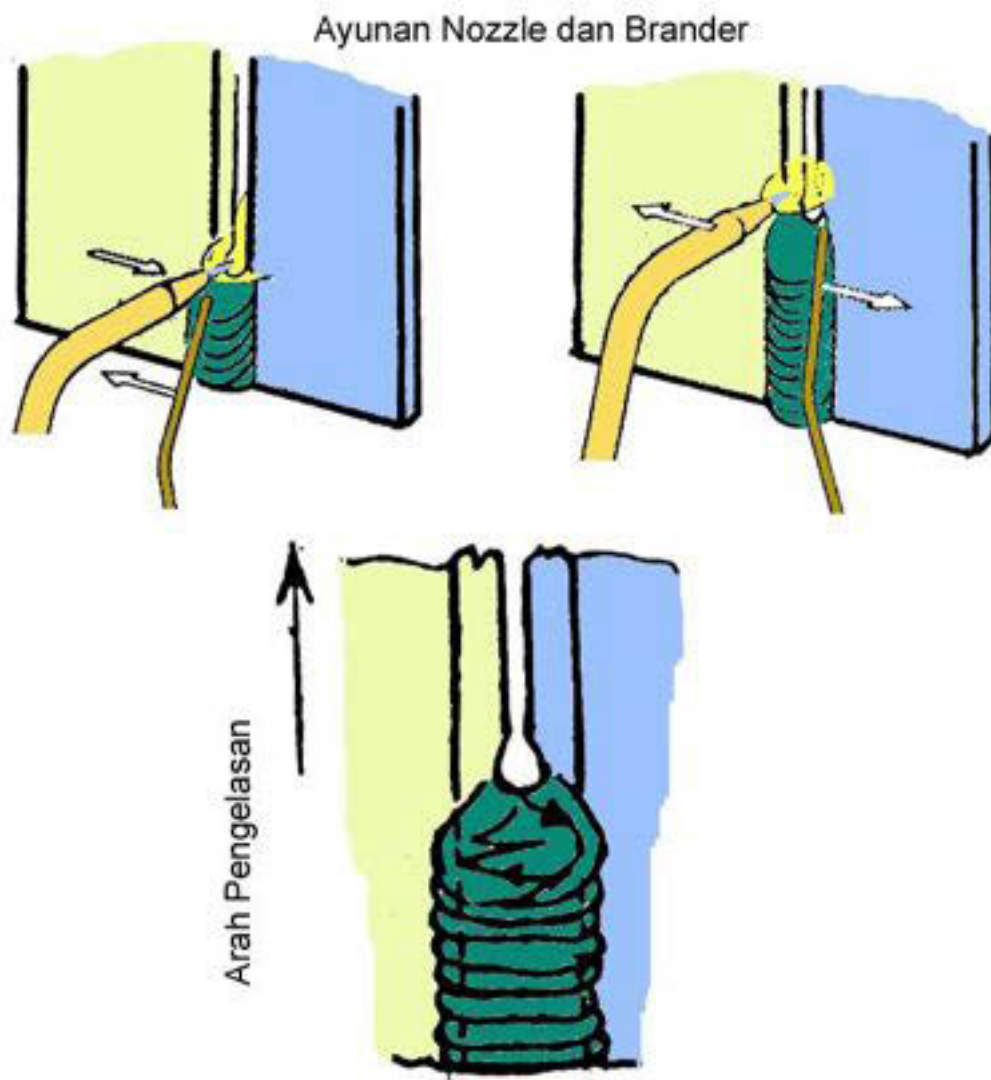
 Untuk pengelasan arah mundur (ke kanan), lakukan ayunan *nozzle* dengan kecepatan 2 atau 3 langkah per detik.

Gambar 7.46. Mengelas Posisi Horisontal Arah Maju (Kiri)

Gambar 7.47. Mengelas Posisi Horisontal Arah Mundur (Kanan)

Mengelas Posisi Vertikal

 Bahan tambah diposisikan di antara nyala api las dengan kawah cair. Sudut bahan tambah 45 o – 60 o dan sudut *nozzle* 80o terhadap jalur lasan.

Gambar 7.48. Posisi *nozzle* & bahan tambah pengelasan posisi vertikal

 Pengelasan dimulai dengan mencairkan las titik pengikat bawah untuk membentuk rigi-rigi las, kemudian dilakukan pengelasan ke arah atas.

Gambar . 7.49. Memulai Pengelasan Posisi Vertikal

 Nozzle dan bahan tambah diayun ke samping (kiri-kanan) dengan arah gerakan berlawanan.

Gambar 7.50. Gerakan ayunan *nozzle* & bahan tambah pengelasan posisi vertikal

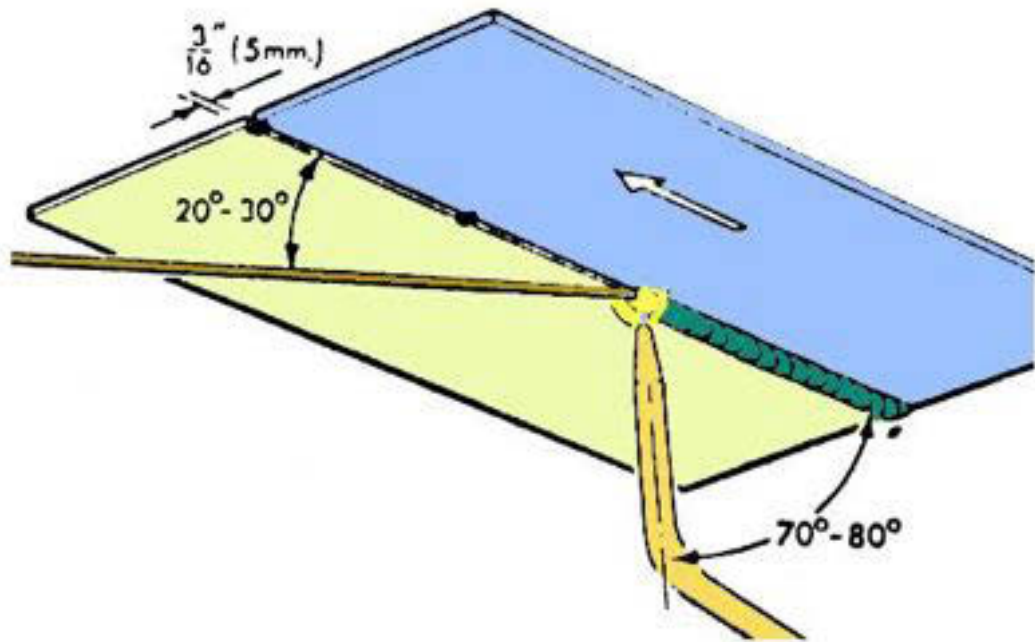
 Pada akhir jalur lasan, bahan tambah diposisikan di sebelah atas *nozzle*.

Gambar . *7*.51. Mengakhiri jalur lasan pengelasan posisi vertikal

Pengelasan Posisi Atas Kepala (*Overhead*)

Pengelasan Arah Maju (Ke Kiri).

 Posisi *nozzle* dan bahan tambah sebagaimana diperlihatkan pada gambar.

 Pengelasan arah maju dilakukan untuk menyambung benda kerja dengan ketebalan mencapai 6 mm.

Gambar . 7.52. Pengelasan Arah Maju Posisi *Overhead*

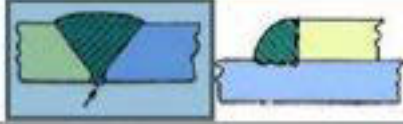
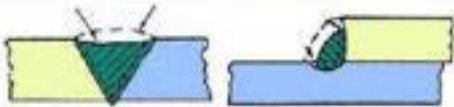
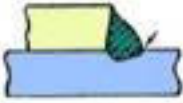
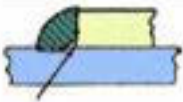
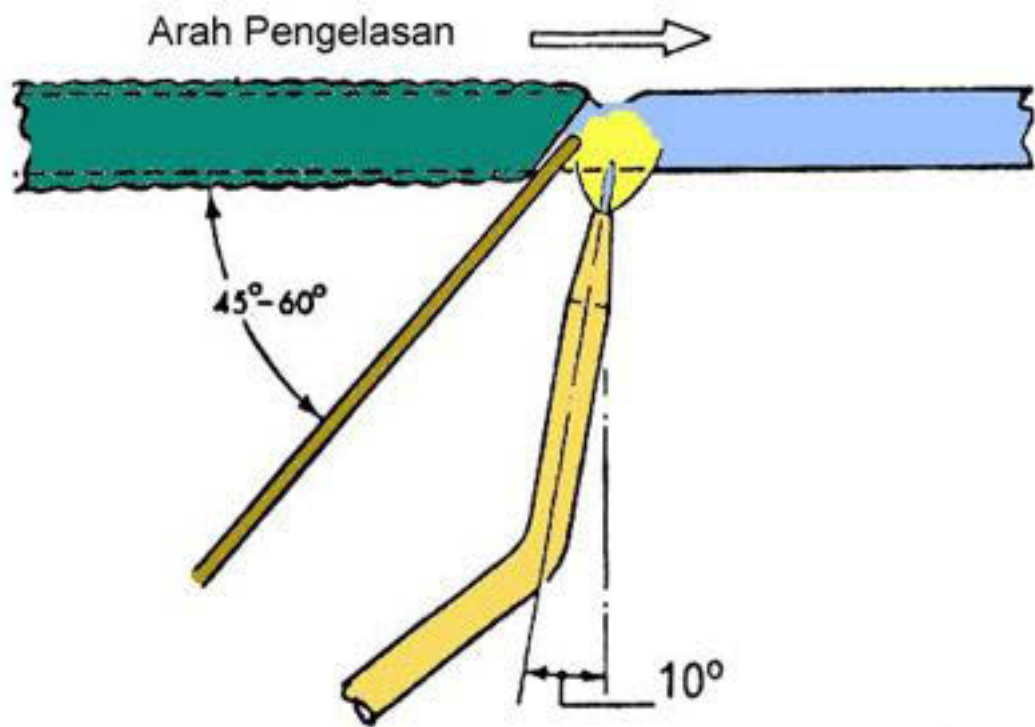
Pengelasan Arah Mundur (Ke Kanan)

 Pengelasan arah mundur dilakukan untuk benda kerja dengan ketebalan lebih dari 6 mm.

 Nozzle tegak lurus dengan benda kerja, dengan kemiringan 10o terhadap jalur lasan.

 Bahan tambah berada di belakang nyala api las, dengan kemiringan antara 45o – 60o terhadap jalur lasan.

 Ayunkan bahan tambah menyilang 2 sampai 3 kali, kemudian naik dan turun seperti pada gambar, kemudian tahan kawat di dalam kampuh.

Gambar *7*.53. Pengelasan Arah Mundur Posisi *Overhead*

 Nyala api las memberi gaya dorong cairan kawah lasan masuk ke dalam kampuh.

Gambar 7.54. Dorongan Nyala Api Terhadap Kawah Lasan

c. Kualitas Hasil Las

Tabel . 7.1. Kualitas Hasil Las

No	Hasil Las	Keterangan
1.		Rigi-rigi las yang baik
2.		Penembusan kurang dalam
3.		Akibat pemanasan berlebih, rigi-rigi terlalu dangkal dengan penggalian terlalu dalam
4.		Penempelan rigi-rigi (*overlapping*) harus dihindarkan
5.		Penembusan yang terlalu dalam
6.		Terjadi keropos

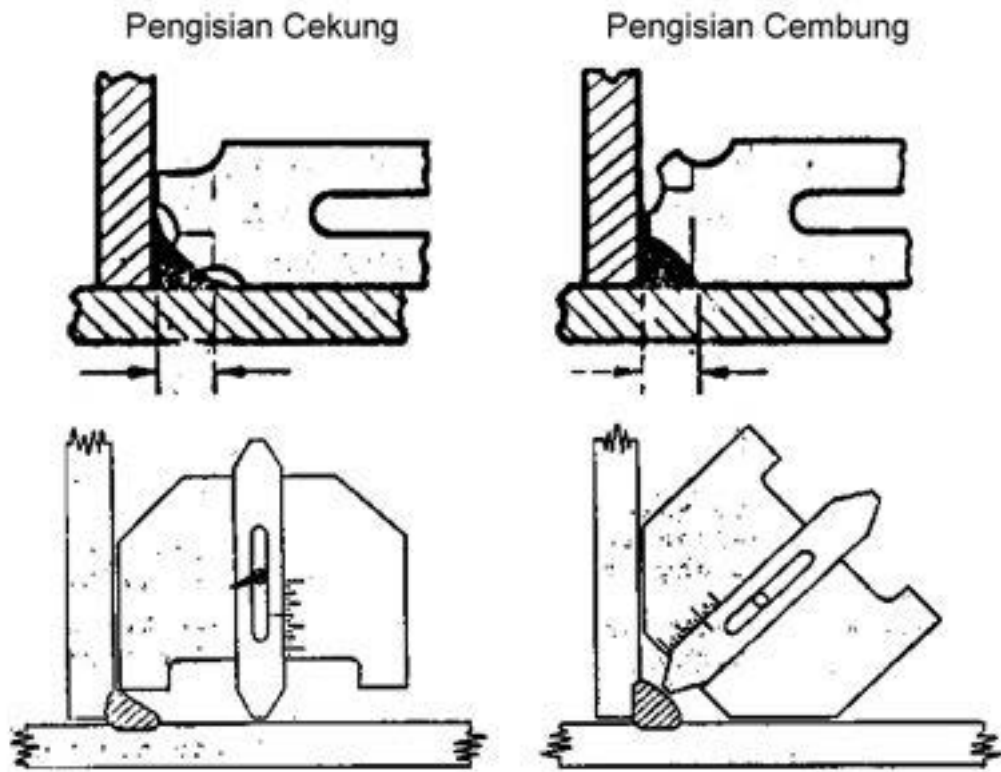
d. Pengujian Hasil Las

Terdapat beberapa metode pengujian hasil las yang dapat dilakukan, diantaranya :

1. Pengujian secara visual. Pengujian secara visual dilakukan untuk memeriksa atau mengetahui ukuran las, bentuk penampang profil las, bentuk persenyawaan, adanya keropos, pengimpitan, kerusakan akar, dan penembusan las.
2. Pengujian Makro. Pengujian makro dilakukan menggunakan cairan kimia (*etsa, acetone*). Pengujian dilakukan untuk mengetahui keadaan perpadu-an, keadaan rongga, etak dalam dan pengendapan terak.
3. Pengujian ukuran rigi-rigi. Pemeriksaan dilakukan dengan mengukur

batas-batas luar rigi-rigi las.

Gambar 7.55. Mal Rigi-rigi

Pengujian ukuran rigi-rigi hanya dilakukan bila kekuatan kampuh las tidak menjadi masalah utama. Pengukuran rigi-rigi dilakukan mengguna-kan pengukur rigi-rigi las, untuk menunjukkan kecembungan dan kecekungan rigi-rigi las. Alat pengukur rigi-rigi las dapat mengukur rigi-rigi las antara ¼ - 1 inch.

Keselamatan Kerja Dalam Pemanasan Dan Pemotongan Termal (Las Oxyacetylene)

C. Rangkuman

D. Tugas

E. Tes Formatif

F. Lembar Jawaban Tes Formatif

G. Lembar Kerja Peserta Didik

Daftar Pustaka

Gunadi. Teknik bodi otomotif jilid 2

Toyota service training.Pedoman pelatihan perbaikan bodi step 1

Robinson. (1973). ***The Repair of Vehicle Bodies***. London : Heinemann Educational Books Ltd.

Anglin, Donald L. (1980). *Automobiles* ***Bodies Maintenance and Repair.*** USA: Mc Graw-Hill

Anonim. (1988). ***Welding of Stainless Steels and Other Joining Methods : A Designer Handbook Series No. 9 002***. USA : The Nickel Development Institute.

Crouse, William Harry. (1980). ***Automotive Body Repair and Refinishing***. USA: Mc Graw-Hill

Eka Yogaswara dan H. Rikam. (2006). ***Menggunakan Perkakas Tangan Bertenaga/ Operasi Digenggam.*** Bandung: Armico

http: //www.stanford.edu/group/prl/documents/html/OAweld.htm download 29 Oktober 2007

http://en.wikipedia.org/wiki/Sandpaper.htm

http://news.thomasnet.com/news/1184/20

http://uniweld.com/catalog/oxyacetylene/patriot/welding_brazing/k23c-t.htm

http://www. europa-lehrmittel.de/4dcgi/page?responsePage

http://www.abrasivematerials.saint-gobain.com/Data/Element/Node/Market/

http://www.abrasiveproducts.com.au/

http://www.achprivets.com/solid-rivets

http://www.advantagefabricatedmetals.com/welding.html

http://www.alcoa.com/fastening_systems/aerospace/en/home.asp

http://www.americanbeautytools.com/soldering tool

http://www.autobodyonline.com/products/product_guide.cfm

http://www.cfi1.com/anchor-bolts.htm download 22 Oktober 2007

http://www.donmet.com.ua/eng/cutting_2.php

http://www.emhart.com/products/pop.asp

http://www.engineershandbook.com/MfgMethods/fastening&joining.htm download 22 Oktober 2007

http://www.esabna.com/EUWeb/MIG_handbook/592mig1_1.ht